

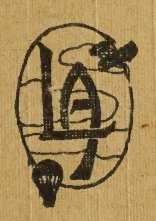
HAMON & JAMES

MANUEL DE L'AVIATEUR

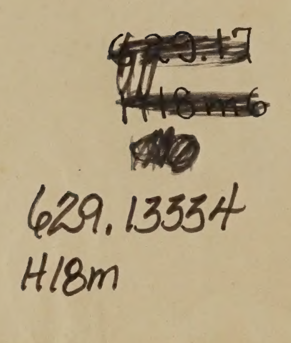
NOTIONS GÉNÉRALES :: SUR L'AVIATION ::

A l'usage des élèves pilotes et mécaniciens
et des candidats
aux troupes de l'Aéronautique Militaire

6E ÉDITION
entièrement revue et mise à jour
par **Maurice PERCHERON**
Ingénieur diplômé de l'École Supérieure d'Aéronautique.
I. C. F.



LIBRAIRIE AÉRONAUTIQUE
40, rue de Seine, PARIS


629.13334
H18m

MANUEL
DE L'AVIATEUR

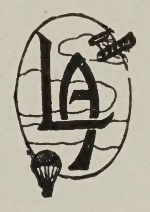
HAMON & JAMES

MANUEL DE L'AVIATEUR

NOTIONS GÉNÉRALES :: SUR L'AVIATION ::

**A l'usage des élèves pilotes et mécaniciens
et des candidats
aux troupes de l'Aéronautique Militaire**

6ᵉ ÉDITION
entièrement revue et mise à jour
par **Maurice PERCHERON**
Ingénieur diplômé de l'École Supérieure d'Aéronautique.
I. C. F.



LIBRAIRIE AÉRONAUTIQUE
40, rue de Seine, PARIS

MANUEL DE L'AVIATEUR

CHAPITRE PREMIER

LA RÉSISTANCE DE L'AIR ET SES LOIS

1. — Résistance de l'air.

L'air qui nous entoure oppose une certaine résistance au mouvement des corps qui s'y déplacent.

Nous savons tous qu'il faut exercer un effort pour manier un éventail, agiter une étoffe déployée, un parapluie ouvert, etc.

C'est bien l'air qui est cause de cette résistance. On peut le démontrer par l'expérience suivante :

Si nous enfermons dans un long tube de verre des corps variés et de même poids : morceaux de plomb, de bois, de papier, barbes de plumes, poudre de lycopode, et que nous retournions le tube, les différents corps tombent avec des vitesses très différentes : les plus lourds arrivent en bas les pre-

miers, tandis que les plumes et la poudre descendent lentement. Supposons qu'on fasse le vide dans le tube, en aspirant l'air avec une machine pneumatique : tous les corps tombent alors avec la même vitesse, soumis qu'ils sont alors à la seule pesanteur. La poudre de lycopode et les morceaux de papier arrivent en bas en même temps que les grains de plomb. C'était donc bien l'air qui retardait inégalement les corps dans leur mouvement de chute, le rapport de la résistance au volume étant variable.

Cette propriété de l'atmosphère de s'opposer au mouvement des corps qui s'y déplacent, s'appelle la *résistance de l'air*.

2. — Aérodynamique.

On appelle *aérodynamique* la science qui étudie les lois de la résistance de l'air.

La résistance éprouvée par les corps dans leur déplacement dans l'air dépend de leur forme, de leur poids, du poli de leur surface, de leur position par rapport à la trajectoire, de la vitesse du déplacement, etc. : toutes considérations dont l'importance est très grande.

Les recherches sur ces phénomènes, faites dans les laboratoires aérodynamiques (Eiffel, Saint-Cyr), d'après des méthodes différentes qui se contrôlent les unes les autres, ont permis d'établir les principaux résultats suivants :

3. — Surfaces planes perpendiculaires au déplacement.

Pour ces surfaces dites *orthogonales*, la résistance de l'air R est une force dirigée en sens inverse du déplacement, perpendiculairement à la plaque et appliquée au point C, qu'on appelle centre de résistance ou *centre de poussée*.

Elle est proportionnelle à la surface S de la plaque (surface doublée, force doublée).

Elle est proportionnelle au carré de la vitesse

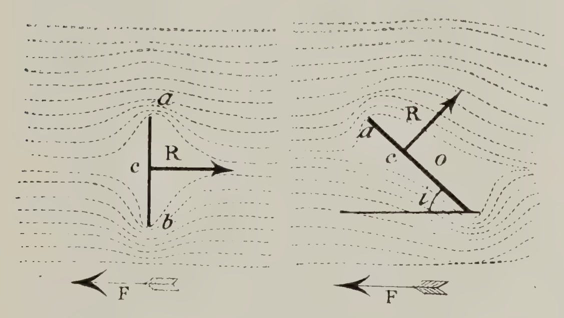


Fig. 1. — Plan orthogonal. Fig. 2. — Plan incliné.

acquise (V × V); pour une vitesse double, la force de réaction est par exemple $2 \times 2 = 4$ fois plus grande (1).

(1) Ces résultats peuvent se traduire par la formule $R = KSV^2$, dans laquelle K est un coefficient numérique égal à 0,08 environ. Si on fait dans la formule : S = 1 mètre carré, V = 1 mètre seconde, il vient R = K ; le coefficient K

4. — Plaques planes inclinées.

Pour ces surfaces, la résistance de l'air est dirigée perpendiculairement à la plaque, en sens inverse du déplacement. Elle tend donc à la tirer vers le haut et en arrière, c'est-à-dire à la retarder et à la soulever.

Elle croît avec l'inclinaison *i*, suivant une loi

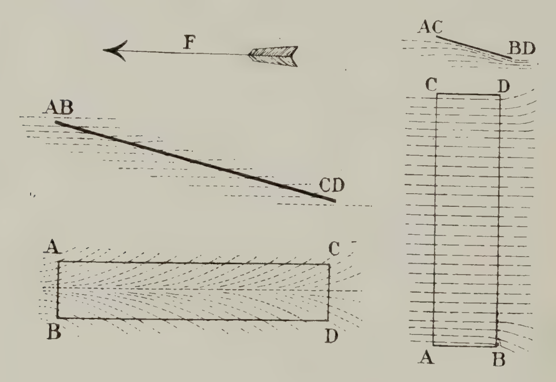


FIG. 3. — Influence de l'allongement sur les pertes marginales.

complexe. On admet, avec une approximation, suffisante dans la pratique, que jusqu'à 15° elle est proportionnelle à l'inclinaison (1).

mesure donc la résistance d'un plan de 1 mètre carré se déplaçant à la vitesse de 1 mètre par seconde. Cette *résistance unitaire* est de 0 kil. 08.

(1) Ces résultats peuvent se représenter grossièrement par

La position du centre de poussée C varie avec l'inclinaison; il est toujours entre le centre O de la plaque et le bord d'attaque *a*, et d'autant plus près de ce dernier que l'inclinaison est plus petite (déplacement correcteur).

L'inclinaison s'appelle aussi *incidence* et s'exprime habituellement en degrés.

Pour des plaques de même surface et de même inclinaison, mais de formes différentes, la résistance varie avec l'allongement. Par exemple, un rectangle attaquant l'air par le petit côté (fig. 3) reçoit une poussée moindre qu'un rectangle identique attaquant l'air par son grand côté (fig. 3, II). L'allongement de la surface en envergure augmente la réaction de l'air en diminuant les *pertes marginales*.

5. — Surfaces courbes.

Les plaques courbées en arc et recevant l'air par leur face inférieure concave se comportent à peu près comme les plaques planes, sauf que pour les petites inclinaisons (0 à 12°), le centre de poussée C *s'éloigne* du bord d'attaque *a* quand l'inclinaison diminue, jusqu'à passer en arrière du centre O de la plaque (déplacement aggraveur de la perturbation).

L'incidence d'une surface courbe se mesure habi-

la formule : $R = KSV^2i$ exprimée en radians. En réalité, il n'y a pas de formule pratique capable de représenter exactement la résistance des plaques inclinées.

tuellement par l'angle *i* que fait sa corde *a b* avec la direction F du déplacement. La *résultante* est très sensiblement perpendiculaire à cette corde.

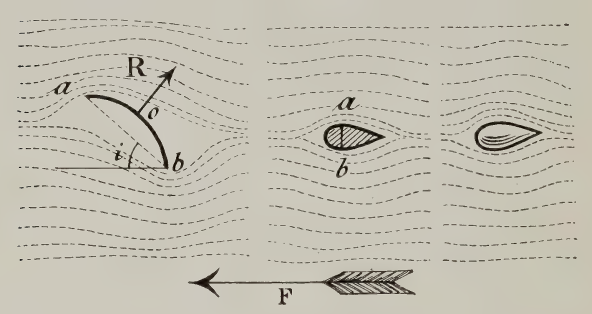


Fig. 4.— Surface courbe inclinée. Fig. 5. — Solides profilés.

6. — Solides.

Pour les corps qui affectent la forme d'une barre (mâts de cellule), l'expérience montre que, toutes choses égales d'ailleurs, la résistance varie d'abord avec la forme de la section. Elle est plus grande pour une section carrée que pour une section circulaire qui offre elle-même plus de résistance que la forme ovale dissymétrique (fig. 5) se déplaçant le gros bout en avant. C'est cette forme de section que l'expérience montre être la plus avantageuse (montants *profilés*).

Parmi les solides géométriques, on trouve, par ordre de résistances décroissantes : le cube, le cylindre, le cylindre terminé par des hémisphères, la sphère et enfin l'ovoïde (fig. 5), qui est la forme

de bon projectile par excellence. C'est, approximativement, celle du corps des oiseaux et des poissons. On voit donc qu'on a avantage à *fuseler* tous les corps soumis à la résistance de l'air. A profil analogue, le corps le plus allongé (jusqu'à 6) résiste le moins.

7. — Influence de la position relative des corps.

La position relative des corps influe sur la résistance qu'ils éprouvent de la part de l'air.

Deux corps placés l'un derrière l'autre et suffisamment rapprochés, offrent une résistance totale moindre que la somme de celles qu'auraient séparément chacun des deux corps considérés : le second est aspiré dans le sillage de celui qui le précède.

Des corps placés côte à côte et suffisamment rapprochés, comme les tubes d'un radiateur, offrent plus de résistance que séparément : cette résistance croît avec le rapprochement.

Deux surfaces placées parallèlement l'une au-dessus de l'autre, comme les deux plans d'un biplan, se nuisent mutuellement. Elles ont, ainsi accouplées, une force portante moindre que l'ensemble des deux prises séparément (perte de 14 p. 100 environ). On a ce qu'on appelle des surfaces *masquées*.

8. — Manière dont agit la résistance de l'air.

La résistance de l'air est due à la déviation des molécules gazeuses au passage des solides. Elle se

traduit par un double phénomène : compression de l'air en avant de la surface et aspiration en arrière, ce dernier phénomène ayant une action plus considérable que le premier. C'est ainsi qu'une aile d'aéroplane est aspirée par sa face supérieure *beaucoup plus* qu'elle n'est soutenue par les couches d'air comprimées au-dessous d'elle. La dépression sur le dos de l'aile a une importance environ *triple* de la surpression sous la face inférieure, ceci étant dû au rejet des filets d'air vers le haut par le *bord d'attaque*.

CHAPITRE II

PRINCIPE DE L'AÉROPLANE — FORCES AUXQUELLES IL EST SOUMIS

9. — Représentation graphique et composition des forces.

Représentation graphique. — Afin de rendre plus claires les études qui vont suivre, nous allons rappeler la représentation graphique des forces et de leur composition.

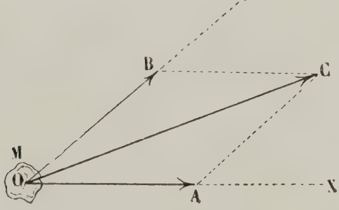


Fig. 6. — Représentation graphique et composition des forces.

Considérons un corps M (fig. 6) auquel est attachée en O une corde sur laquelle on exerce, dans la direction OX, une traction de 20 kilos, par exemple. Convenons que 1 millimètre de longueur re-

présentera 1 kilo, et portons sur OX une longueur de 20 millimètres. Ajoutons une flèche indiquant dans quel sens agit la force. Nous avons ainsi représenté graphiquement une force.

OX s'appelle la *direction* de la force,

O, le *point d'application.*

La longueur du segment de droite OA (exprimée ici en millimètres) représente la grandeur de la force qu'on appelle l'*intensité.*

La direction de O vers X, dans laquelle la force sollicite le corps, s'appelle le *sens.*

La droite OA, avec le point O et la flèche, s'appelle aussi *vecteur.*

Composition des forces. — Supposons que plusieurs cordes ou plusieurs forces tirent sur M dans des directions OX et OY en exerçant, par exemple, des efforts de 20 et 30 kilos. Représentées comme il vient d'être dit, une de ces forces sera le vecteur OA, l'autre le vecteur OB. Par A, menons une parallèle à OB et par B une parallèle à OA ; elles se coupent en C. Mesurons OC, nous trouvons, par exemple, 45 millimètres. Donc, dans le mode de représentation que nous avons adopté, OC représente une force de 45 kilos dirigée suivant OC et dans le sens de O vers C. Ainsi, si nous plaçons une troisième corde attachée au corps M suivant OC et que, supprimant les forces OA et OB, nous exercions sur OC une traction de 45 kilos, l'effet est le même que celui de OA et OB réunies. Donc, étant donné deux forces OA et OB, nous pouvons les remplacer par une seule :

OC, qui est la diagonale du parallélogramme construit sur OA et OB comme côtés. Cette construction s'appelle la *règle du parallélogramme des forces.*

La force OC s'appelle la *résultante* des forces OA et OB.

Si l'on avait plus de deux forces, on en composerait d'abord deux d'après la règle qui vient d'être donnée, puis la résultante ainsi obtenue serait composée avec la troisième force, toujours de la même façon, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on ait *une seule* force équivalente à toutes les autres, et qu'on appelle leur *résultante.*

Réciproquement, *une force OC peut toujours se décomposer, suivant deux directions quelconques OX et OY, en deux forces OA et OB, par la construction inverse :* par C on mène des parallèles à OX et OY, et on obtient ainsi les points A et B.

10. — Principe de l'aéroplane.

Revenons à l'expérience de la plaque inclinée (fig. 2) ; nous avons vu que si nous déplaçons d'un mouvement horizontal une plaque légèrement inclinée de façon à ce qu'elle reçoive le choc de l'air sur sa face inférieure, cette plaque est soumise à une force perpendiculaire à son plan qui tend à la fois à la retarder et à la soulever. La succion dorsale tend à soulever la plaque. A cet effet vient s'ajouter la réaction de l'air qui est comprimé vers le bas et en avant et qui tend à repousser la surface vers le haut et vers l'arrière.

Nous pouvons décomposer la force OR, suivant la règle du parallélogramme, en une force verticale OV et une force horizontale OH : OV s'appelle la *poussée* de l'air sur la surface et OH la *traînée*.

Supposons qu'au lieu d'une simple plaque il s'agisse d'un appareil constitué par une grande surface rectangulaire AB (fig. 7), fixée à un bâti et traînée horizontalement par l'intermédiaire d'un

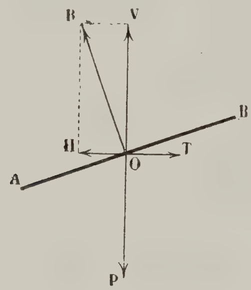


Fig. 7. — Décomposition de la résultante.

propulseur. Cet appareil se comportera exactement comme la plaque inclinée déjà étudiée :

Sous l'influence du déplacement horizontal, dû à la traction T de l'hélice, la réaction de l'air sur AB fera naître une force OR perpendiculaire à ce plan. A mesure que la vitesse augmente, la force OR, d'abord faible, croît ainsi que ses composantes V et H. Si la puissance du propulseur est suffisante, il arrive un moment où la composante V devient égale, puis légèrement supérieure au poids P de l'appareil (fig. 7). A ce moment, ce dernier quitte le sol et se met à monter.

Quand l'aviateur juge la hauteur suffisante, il modifie l'incidence du plan AB par la manœuvre du gouvernail de profondeur que nous décrirons plus loin. Toute variation d'incidence entraînant une variation de la réaction, on conçoit qu'on puisse ainsi donner à la composante verticale V une valeur telle qu'elle soit juste égale au poids P de l'appareil. Celui-ci, n'étant plus alors sollicité ni par V ni par P qui s'équilibrent, se déplace horizontalement.

Mais en même temps que V, la composante horizontale H croissait aussi.

Cette force H constitue la *résistance à l'avancement* de la voilure. Elle doit être équilibrée par la traction T de l'hélice.

En réalité, à la résistance à l'avancement H du plan AB, s'ajoute une résistance supplémentaire due à toutes les parties de l'aéroplane autres que la voilure : surfaces de gouverne, bâti, moteur, carlingue, train d'atterrissage, etc. Cette résistance supplémentaire s'appelle *résistance nuisible*, parce qu'elle absorbe une partie de l'effort de traction sans donner d'effet utile de sustentation.

La résistance nuisible, jointe à la résistance à l'avancement de la voilure, constitue ce qu'on appelle la *résistance totale à l'avancement* de l'aéroplane.

Quand cette résistance totale est égale à la force de traction de l'hélice, l'appareil se déplace d'un mouvement uniforme. Ce déplacement n'est horizontal que si V égale P.

11. — Forces agissant sur un aéroplane en vol rectiligne horizontal.

D'après ce qui précède, nous voyons que les forces agissant sur un aéroplane en vol horizontal peuvent se ramener à :

La pesanteur ;

La réaction de l'air sur la voilure ;

La réaction de l'air sur le corps de l'appareil ;

La force de traction de l'hélice.

Ces forces, décomposées suivant des directions parallèles et perpendiculaires à la trajectoire, se ramènent donc à quatre forces, à savoir :

Deux forces verticales, perpendiculaires à la trajectoire :

le poids P de l'appareil ;

la composante verticale V de la résistance de l'air.

Deux forces horizontales parallèles à la trajectoire :

la traction T de l'hélice ;

la résistance à l'avancement H de l'appareil.

Les conditions nécessaires pour permettre le vol rectiligne horizontal d'un aéroplane sont :

1° Que la composante verticale V de la résistance de l'air soit égale au poids de l'appareil. $V = P$;

2° Que l'effort de traction de l'hélice soit égal à la résistance totale à l'avancement. $T = H$.

12. — Forces agissant sur un aéroplane en descente.

Si l'aéroplane se met à la descente sur une trajectoire XX′ la pesanteur intervient pour accroître

la force motrice T par sa composante p, dirigée suivant la trajectoire et dans le même sens que la traction T (fig. 8). La vitesse étant augmentée, la composante H croît : il y a toujours équilibre entre H et T et la vitesse est uniforme. En particulier, cette composante p est la seule force motrice agissant dans le vol plané, le moteur étant arrêté.

13. — Forces agissant sur un aéroplane en montée.

Si l'aéroplane est en montée, la composante p du poids intervient encore, mais dirigée en sens

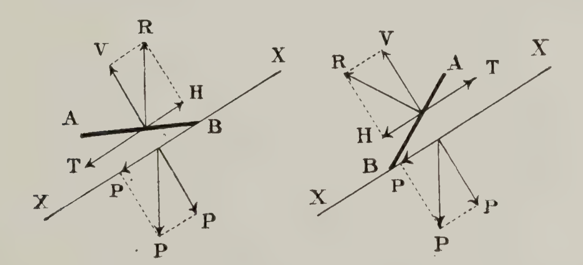


Fig. 8. — Aéroplane en descente.

Fig. 9. — Aéroplane en montée.

contraire de T (fig. 9). Elle a donc pour effet de nécessiter une force motrice supplémentaire pour conserver la vitesse nécessaire à la sustentation, l'avion étant supposé voler, sur cette nouvelle trajectoire inclinée, avec la même incidence qu'il avait en vol horizontal.

14. — Conditions de fonctionnement des aéroplanes.

De l'exposé qui précède, il résulte que pour une vitesse donnée un aéroplane volera avec une force de traction d'autant plus faible, et par conséquent avec un moteur d'autant moins puissant, que la traînée sera plus petite par rapport à la poussée. Toutes les améliorations apportées à l'aéroplane devront donc tendre à *augmenter* ce rapport V/H (1).

Il ne suffit donc pas d'avoir des voilures très portantes, il faut encore qu'elles offrent peu de résistance à l'avancement. C'est pourquoi :

1° On emploie des voilures à profil concave (fig. 4), qui sont beaucoup plus portantes que les plans pour une même résistance à l'avancement et, par conséquent, amènent une réduction de la surface sustentatrice ;

2° Ces ailes concaves sont placées sous des incidences variant de 3 à 9°, pour lesquelles elles ont le meilleur rendement $\left(\text{minimum de } \frac{Rx}{Ry}\right)$.

Dans ces conditions, la résultante a une direction *voisine* de la verticale ; par suite, sa composante verticale (sustentatrice) a une valeur très voi-

(1) D'après la notation universellement introduite par le laboratoire Eiffel, on désigne V par Ry et H par Rx ce qui conduit à dire qu'il faut abaisser le rapport $\frac{Rx}{Ry}$ au minimum.

sine de la force elle-même, tandis que la composante horizontale (résistance à l'avancement de la voilure) est assez faible, environ le 20e de Ry pour une aile isolée ;

3° On diminuera, autant que possible, la résistance à l'avancement des parties accessoires de l'aéroplane en réduisant leur importance, en leur donnant une forme appropriée, en les plaçant, quand c'est possible, à la suite les unes des autres, de façon à ce qu'elles se masquent par rapport au vent de la marche, etc. ;

4° On donne à la voilure un grand allongement en envergure, ce qui augmente son rendement. Cet *allongement* (rapport de l'envergure à la profondeur) est habituellement compris entre 5 et 9.

La résistance de l'air croît proportionnellement au carré de la vitesse ; par conséquent, plus un appareil ira vite, moins il lui faudra de surface pour enlever un poids donné. Il semble donc tout indiqué de faire des appareils très rapides, ayant une petite surface. Mais on est arrêté, dans cette voie, par la nécessité de pouvoir se soutenir en l'air si le moteur s'arrête, et par les difficultés de départ et d'atterrissage. En vol plané, en effet, l'avion est obligé de piquer très fortement pour acquérir une vitesse nécessaire à l'établissement d'une poussée verticale suffisante : le redressement au moment voulu est, par conséquent, très délicat.

Dans les appareils actuels, la vitesse moyenne est voisine de 40 mètres par seconde (144 kilomètres à l'heure), mais elle peut aller de 25 mètres (90 kilo-

mètres-heure) pour les plus lents à 60 mètres (216 kilomètres-heure) et plus pour les plus rapides (1). *La charge unitaire* varie, suivant les appareils, entre 17 et 50 kilos par mètre carré de surface de voilure ; elle se tient habituellement autour de 20 kilos pour les biplans lents et 40 pour les monoplans et biplans rapides.

(1) Ces vitesses sont les vitesses propres des appareils, c'est-à-dire celles qu'ils réaliseraient par vent nul. S'il fait du vent, la vitesse de l'appareil, par rapport au sol, se trouve modifiée : s'il marche dans le sens du vent, sa vitesse, par rapport au sol, est théoriquement égale à sa vitesse propre, plus celle du vent. S'il avance contre le vent, sa vitesse, par rapport au sol, est égale à sa vitesse propre, moins celle du vent.

CHAPITRE III

STABILISATION ET MANŒUVRES

15. — Gouvernail de profondeur. — Montée et descente.

Il faut que l'aéroplane puisse, à volonté, monter, descendre ou marcher horizontalement. Dans ce but, il est muni d'un organe appelé gouvernail

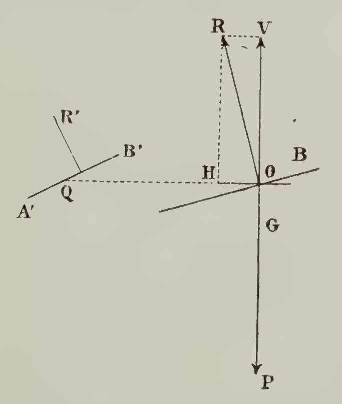


Fig. 10. — Gouvernail horizontal.

de profondeur ou *équilibreur*. Supposons qu'en arrière du plan sustentateur A B on ait disposé

une surface A'B' plus petite, et que dans le cas de la figure 10, le plan A'B' soit placé de façon telle que l'aéroplane se déplace horizontalement. Soit alors R la résultante de la résistance de l'air sur l'ensemble de l'appareil. Décomposons-la suivant ses composantes V et H; V est égale et directement opposée au poids P et H l'est de même à l'effort de traction T. Diminuons l'inclinaison de

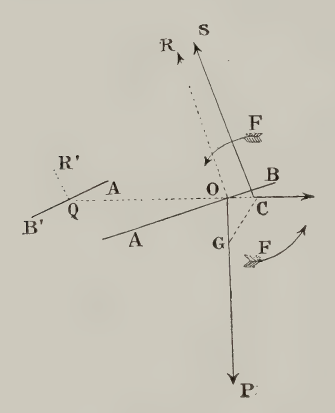


Fig. 11. — Manœuvre du gouvernail de profondeur.

A'B' : l'importance de la surface arrière diminuant, il existe une (fig. 11) nouvelle résultante S qui est placée en avant de R. Mais S n'est plus dans le prolongement du poids P, et l'effet de P et de S est de faire tourner l'appareil dans le sens de la flèche F. L'inclinaison du plan AB change ainsi, par conséquence, que la direction et le point d'application de la résistance de l'air. Ce mouvement se continue jus-

qu'à ce que l'appareil ait trouvé une autre position d'équilibre pour laquelle V et P soient dans le prolongement l'une de l'autre. L'avant de l'appareil se trouve relevé et l'aéroplane monte, car sa sustentation augmente et est supérieure au poids. La manœuvre inverse aurait provoqué la descente. On obtiendra donc la montée et la descente en inclinant l'*équilibreur* en dessous ou en dessus de la position moyenne A'B' de la figure 10, manœuvre qui à la fois *crée un couple et fait varier la sustentation* (1).

16. — Stabilité longitudinale.

Dans tout ce qui précède, nous avons supposé l'air parfaitement calme ; en réalité, il n'en est jamais ainsi. Le milieu aérien est en perpétuel mouvement, sillonné de courants en tous sens, même quand il est calme en apparence. Quand ces courants ont une certaine intensité et ne sont pas purement locaux, on les appelle, selon leur régularité, *vents* ou *rafales*.

En air calme, la sustentation résulte uniquement de la vitesse de l'appareil ; en air agité, la vitesse du vent s'ajoute à la vitesse propre de l'aéroplane ou s'en retranche. Les variations de vitesse du *vent relatif* provoquent des variations de la sustentation.

Il en résulte des oscillations longitudinales con-

(1) En réalité, le point d'application de la nouvelle résultante est déterminé par les déplacements et les valeurs des résultantes dues à l'action de la résistance de l'air sur, *à la fois*, la voilure et l'équilibreur.

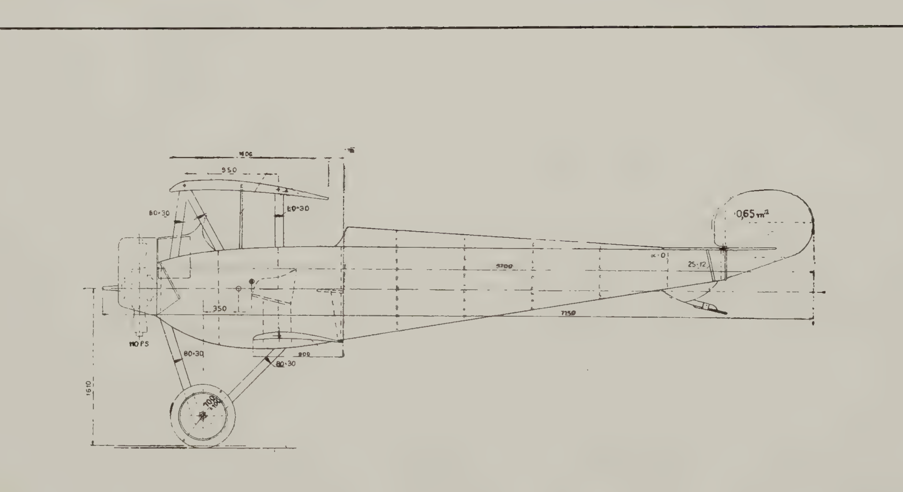


Fig. 12. — Schéma d'un aéroplane. — **Relations entre les diverses surfaces.**

tinuelles, que le pilote doit corriger au moyen de son gouvernail de profondeur. C'est la *stabilisation longitudinale commandée.*

17. — Stabilisateurs.

Certains dispositifs fixes de l'appareil permettent, sans que le pilote ait à intervenir, de corriger automatiquement ces oscillations, quand leur amplitude n'est pas trop grande. On les appelle queues stabilisatrices ou *empennages*. Un empennage est en principe constitué par une surface arrière, analogue aux plans principaux, mais de plus petites dimensions (fig. 12). Pendant le vol horizontal normal, elle n'agit pas ; mais si l'appareil vient à osciller, à se cabrer, par exemple, la queue se présente au vent avec une certaine incidence et reçoit de l'air une poussée verticale normale à sa corde ; l'effet est de communiquer à l'appareil une rotation en sens inverse de celle due au cabrage. Cet empennage s'oppose donc au changement d'inclinaison qu'aurait produit le vent.

L'appareil ainsi stabilisé se défend seul contre les remous. On dit alors qu'il a une *stabilité propre* ou *naturelle*, par opposition avec la stabilité commandée par le pilote.

18. — Dièdre longitudinal.

Au lieu d'employer une surface qui n'intervient pas dans la sustentation, on peut lui donner une certaine inclinaison, comme aux surfaces princi-

pales AB. Elle devient alors portante et concourt à la sustentation totale de l'avion. Dans ce cas, il faut avoir soin que l'inclinaison de la seconde surface soit *inférieure à* celle de la première. Si la surface auxiliaire est à l'arrière, comme dans les appareils à queue, elle doit avoir une incidence inférieure à celle des ailes; si l'empennage est à l'avant, comme dans les appareils « canards », l'incidence est plus grande. De cette façon, quand l'appareil pique brusquement du nez (tout en continuant à se déplacer horizontalement), l'incidence et, par suite, la force portante de la seconde surface s'annule avant celle de la première. L'arrière, n'étant plus soutenu, tend à tomber, et l'appareil se trouve remis d'aplomb 'par le déplacement de la résultante qui se porte vers l'avant. La disposition des deux voilures, qui font entre elles un certain angle, s'appelle le *V* ou *dièdre longitudinal*.

19. — Danger des incidences réduites.

Il est important d'éviter les grandes oscillations, car, lorsque l'appareil pique du nez, son angle d'attaque diminue et peut, s'il descend au-dessous d'une certaine limite, abaisser la sustentation à une valeur insuffisante pour équilibrer le poids de l'avion qui tombe par *perte de sustentation*. Le même phénomène se produit à grande incidence, la résistance à l'avancement diminuant beaucoup la vitesse. D'autre part, le déplacement brusque de la résultante aux petits angles peut créer un couple

apiqueur très difficile à combattre (*engagement*).

C'est pourquoi on ne doit pas marcher avec des inclinaisons de voilures trop faibles ; la limite inférieure varie avec le type d'appareil et semble être comprise entre — 1° et 3°.

20. — Stabilité latérale, gauchissement, ailerons.

Mais l'aéroplane peut osciller latéralement, dans le cas, par exemple, où le vent souffle plus fort

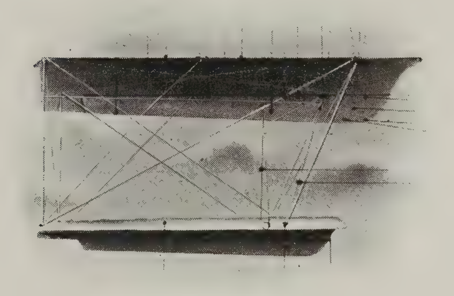


Fig. 13. — Ailerons de gauchissement.

sous une aile que sous l'autre. Les procédés qui concourent au maintien de la *stabilité latérale* (ou *transversale*) consistent à pouvoir faire varier séparément la force portante de chaque aile. Il suffira donc d'augmenter la sustentation de l'aile qui baisse, et on rétablira ainsi l'équilibre transversal.

Ce résultat s'obtient en modifiant l'incidence d'une partie ou de la totalité de l'aile, soit par *ailerons*, soit par *gauchissement*. D'une manière générale la permanence de redressement latéral s'appelle *gauchissement*.

Les *ailerons* sont des volets à charnières articulés à l'arrière des ailes et dans leur prolongement. En les abaissant plus ou moins, on accroît la courbure et l'incidence de l'aile.

En air calme, la disposition transversale en V des ailes, c'est-à-dire celle d'un accent circonflexe à l'envers, est stabilisatrice ; c'est le contraire en air agité : aussi emploie-t-on généralement des ailes placées dans le prolongement l'une de l'autre et se contente-t-on de la stabilisation par gauchissement ou ailerons.

La disposition transversale en V des ailes s'appelle *dièdre latéral*.

21. — Stabilité de route.

Les coups de vent peuvent avoir pour effet de faire varier le plan de route, c'est-à-dire la direction suivie par l'aéroplane.

La présence d'un plan ou de plusieurs plans verticaux entoilés ou *dérive*, à l'arrière de l'appareil, obvie à cet inconvénient et assure la *stabilité de route*. Ils se comportent à la façon d'un empennage plat dans le cas de la stabilité longitudinale. Cette dérive est, parfois, tout simplement le gouvernail de direction. L'appareil tourne-t-il brusque-

ment à gauche, tout en continuant sa même trajectoire rectiligne, l'air aussitôt frappe la face gauche de la dérive et remet l'appareil dans sa direction primitive.

22. — Gouvernail de direction. — Virage.

Ce gouvernail, analogue à celui des navires, est constitué par un plan vertical AB mobile autour

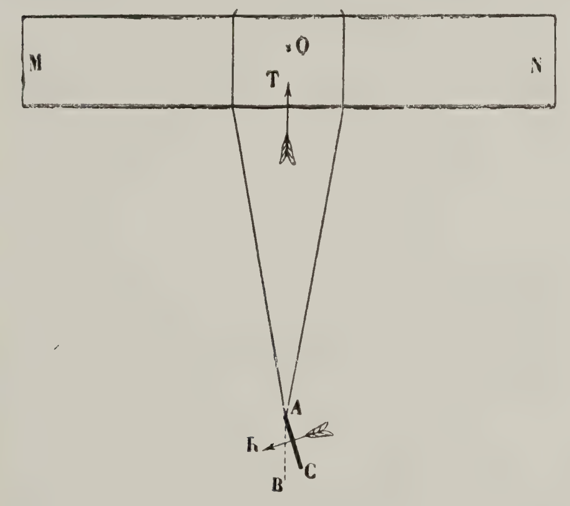


Fig. 14.
AB, AC, gouvernail de direction ; — MN, surfaces portantes principales.

d'un axe vertical projeté en A (fig. 14). Il sert à changer de route dans le plan horizontal.

Virage normal. — Pour cela, on le braque en

AC. Sous l'effet de la poussée R du vent sur ce gouvernail, l'appareil tourne sur lui-même autour de son centre de gravité O, en même temps que, par vitesse acquise, il est entraîné tout entier vers sa gauche. Ce mouvement est enrayé par la résistance latérale de l'air au déplacement de l'appareil. Si cette résistance est insuffisante ou mal placée, on la modifie au moyen de *plans verticaux de dérive*, parallèles au plan de symétrie de l'aéroplane. Avec le gouvernail seul et une faible dérive verticale on vire à plat, en ne pouvant prendre que des virages très larges car rien ne s'oppose au dérapage de l'appareil vers l'extérieur.

23. — Virage penché.

On peut virer court en virant penché.

On sait, en effet, que lorsqu'un véhicule décrit une trajectoire curviligne, il est soumis à l'action d'une force qui tend à le rejeter en dehors de la courbe et qu'on appelle la *force centrifuge*.

Pour comprendre l'effet de cette force, il suffit de se rappeler que, lorsqu'un véhicule passe dans une courbe, les voyageurs sont violemment projetés contre la paroi du véhicule située du côté de la convexité de la courbe. Le véhicule, lui-même, ne résiste au dérapage que par le frottement des roues sur le sol si c'est une voiture, par les rails si c'est un chemin de fer, par la résistance de l'eau contre la coque si c'est un bateau.

L'aéroplane qui vire est, lui aussi, soumis à la

force centrifuge F (fig. 15) ; la résistance qu'il oppose au déplacement latéral est trop faible pour l'empêcher de déraper.

Aussi, au moyen du gauchissement, on l'incline vers l'intérieur, c'est-à-dire vers le centre du virage

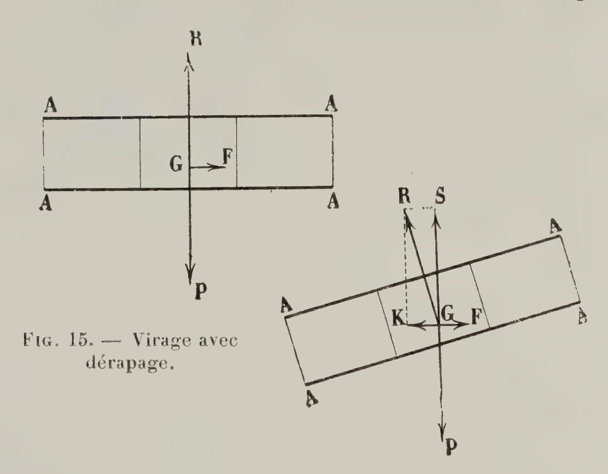


Fig. 15. — Virage avec dérapage.

Fig. 16. — Virage correct sans dérapage.

(fig. 16). Le dérapage est alors combattu par une réaction latérale de l'air sur les ailes.

Dans cette position, la résistance de l'air R agissant toujours perpendiculairement à la surface, peut se décomposer en deux composantes : S qui équilibre le poids et K qui équilibre la force centrifuge F.

Pour une inclinaison convenable, K pourra deve-

nir égale à F, et il n'y aura plus de dérapage. Réciproquement, on obtiendrait le virage par simple inclinaison de l'appareil. Ceci revient, en effet, à incliner R, d'où naissance de la force K, qui fait tourner l'appareil à gauche, dans le cas de la figure.

L'aéroplane a tendance à descendre légèrement dans les virages, car la résistance de l'air R reste constante, et doit équilibrer à la fois le poids P et la force centrifuge F. La composante S est inférieure à P et doit être augmentée en forçant de vitesse, soit en piquant, soit en augmentant la puissance du moteur.

RÉSUMÉ

Un aéroplane peut être soumis à trois sortes de mouvements : les mouvements longitudinaux ou de *tangage*, les mouvements latéraux ou de *roulis*, les mouvements horizontaux ou de *lacet*.

Les appareils doivent être munis de surfaces auxiliaires de gouverne et de stabilisation.

La stabilisation peut s'obtenir :

Au moyen de dispositions fixes de l'appareil : c'est la stabilité naturelle ou stabilité propre ;

Au moyen de surfaces mobiles, commandées par le pilote : c'est la stabilité commandée.

Les appareils actuels comportent presque tous un dispositif de stabilisation propre longitudinale : la queue stabilisatrice, qui est un plan fixe disposé avec une incidence moindre que celle des ailes, *incidence qu'il ne faut jamais augmenter*. Ce

qu'on exprime en disant que l'appareil possède un dièdre ou V longitudinal.

Quant aux organes de stabilité commandée, ils sont actuellement indispensables et tous les appareils en possèdent ; ils servent en même temps aux manœuvres. Ce sont :

Le gouvernail de profondeur ou équilibreur pour la montée, la descente et la stabilité longitudinale;

Le gauchissement ou les ailerons pour effectuer les virages et pour assurer la stabilité latérale ;

Le gouvernail de direction pour les virages et la stabilité de route.

CHAPITRE IV

STABILISATION AUTOMATIQUE

24. — Stabilisateurs.

On a cherché à stabiliser les aéroplanes au moyen de mécanismes automatiques, c'est-à-dire d'appareils agissant sur les commandes sous l'action de forces extérieures, indépendamment de la volonté du pilote.

Ces appareils agissent de deux façons :

1° Ceux qui *corrigent* le déséquilibrage consécutif aux perturbations (stabilisateur Moreau, gyroscope Sperry) ;

2° Ceux qui *préviennent* le déséquilibrage (stabilisateur Doutre).

Les premiers sont influencés par la rupture d'équilibre de l'appareil. Les seconds sont influencés directement par les perturbations préventives sous l'action desquelles ils placent les organes de gouverne dans la position convenable pour recevoir la perturbation et prévenir ainsi le déséquilibrage.

25. — Organes stabilisateurs.

Les stabilisateurs proposés jusqu'ici ont été :
Le *pendule*,
Le *gyroscope*,
Les *masselottes*,
Les *anémomètres*.

Le pendule utilise la pesanteur comme force extérieure ; le gyroscope et les masselottes, l'inertie de la matière ; l'anémomètre, la résistance de l'air.

26. — Stabilisateur Moreau.

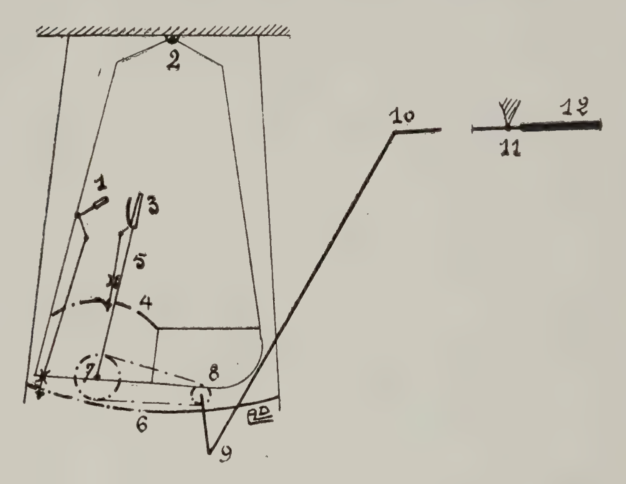
Quoique abandonné, ce système présente un certain intérêt, bien qu'il n'ait pas évité tous les inconvénients du système pendulaire.

Il entre dans la catégorie des appareils qui corrigent le déséquilibrage après qu'il s'est produit.

L'aviateur est assis dans une nacelle suspendue au-dessous des ailes d'un monoplan, de telle manière qu'elle puisse osciller d'avant en arrière. Quelle que soit la position de l'appareil, le pendule doit rester vertical. Il commande directement l'équilibreur au moyen d'une barre rigide, et, par suite, il agit sur lui dans les variations lentes d'inclinaison de l'appareil par rapport à la nacelle.

Il suffit de disposer convenablement les commandes pour que les mouvements ainsi communiqués au gouvernail de profondeur soient précisément ceux qui corrigent la perturbation d'équilibre. En cas de perturbation brusque, la nacelle agit

comme *accéléromètre* et, par inertie, tend à avancer ou à reculer par rapport aux ailes, manœuvrant ainsi correctement le gouvernail de profondeur. On se heurte, dans la pratique, à certaines difficul-



Le poste de pilotage de l'aérostable Moreau.

1. Manette des gaz du moteur ; — 2, Point de suspension de la nacelle-pendule ; — 3, Poignée de commande irréversible de profondeur ; — 4, Secteur d'arrêt ; — 5, Levier de commande ; — 6, Châssis ; — 7, Pignon de chaîne ; — 8, Pignon de chaîne ; — 9, 10, 11, Articulations des leviers-bielles ; — 12, Equilibreur.

tés d'application. En particulier, sous l'action de perturbations réitérées ou brusques, la nacelle tend à prendre par inertie et par résonance un mouvement d'oscillations périodiques qu'il faut freiner au moyen de ressorts. Tel qu'il était, cet appareil permettait de faire des vols assez longs sans toucher

aux commandes : par temps calme, par vent régulier et légers remous, on abandonnait franchement les leviers. Un mécanisme d'enclanchement permettait de solidariser nacelle et voilure dans tous les cas où le système pendulaire peut donner des contre-indications : en vol par forts remous, à l'atterrissage, dans les manœuvres de montée, descente, virages, etc.

Malgré toute l'adresse de son constructeur, cet appareil restait entaché de la tare originelle de tous les appareils pendulaires, à savoir que le pendule n'indique *jamais* la verticale, mais bien la direction de la résultante de toutes les forces appliquées à l'appareil, y compris les perturbations extérieures,

27. — Stabilisateur Doutre.

Il entre dans la catégorie des stabilisateurs qui préviennent la perturbation. Il est à la fois anémométrique et à inertie.

Le stabilisateur Doutre comprend essentiellement deux organes.

Le premier est une palette anémométrique donnant à tout moment et instantanément la vitesse du vent relatif. Le second est une sorte d'accéléromètre mesurant à tout moment et instantanément l'accélération de vitesse horizontale positive ou négative éprouvée par l'aéroplane.

L'anémomètre consiste en une plaquette recevant normalement le vent relatif. Elle est équilibrée sur

deux ressorts. Si le vent relatif diminue (diminution de vitesse), les ressorts repoussent en avant la palette, qui entraîne avec elle le tiroir d'un servomoteur pour mettre le gouvernail à la descente. Dès que le vent relatif redevient normal, le gouvernail reprend sa position normale. Le mécanisme fonctionne en sens inverse si le vent relatif augmente.

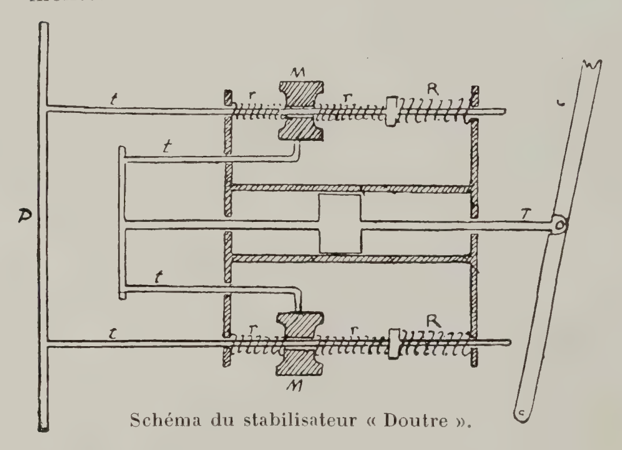


Schéma du stabilisateur « Doutre ».

L'accéléromètre consiste essentiellement en deux masselottes mobiles chacune sur une tige placée dans la direction du vol, de manière à pouvoir se déplacer dès qu'une accélération positive ou négative se produit. Elles sont maintenues chacune par deux ressorts placés en avant et en arrière ; ces ressorts ont pour but de ramener les masselottes à leurs positions initiales dès que l'avion a repris

une vitesse uniforme et ils s'opposent également à tout mouvement des masselottes lorsque, sans prendre d'accélération, l'appareil s'incline en avant ou en arrière.

En se déplaçant, les masselottes entraînent le même tiroir du servo-moteur de commande du gouvernail et produisent, au moyen de celui-ci, le couple équilibrant l'effet de l'inertie sur l'aéroplane.

Abstraction faite des causes perturbatrices de l'équilibre, cet anémomètre et cet accéléromètre ont un but commun : le réglage de l'équilibre longitudinal et la recherche de la *stabilité du régime de marche ;* il est donc intéressant de les grouper dans un dispositif unique qui permettra à lui seul de corriger tous les troubles ; c'est ce qui a été réalisé dans l'appareil de M. Doutre.

Pour cela, l'anémomètre et l'accéléromètre agissent sur une tige unique commandant le tiroir d'un servo-moteur; leurs mouvements viennent s'ajouter algébriquement sur cette tige, de sorte que le couple de rectification obtenu est égal à la somme des couples nécessaires pour maintenir l'appareil en équilibre ou l'aider à reprendre une position correcte.

Cette addition algébrique des mouvements de l'anémomètre et de l'accéléromètre est faite de la manière suivante :

Sur les tiges mobiles A qui sont reliées à la palette, sont montées les masselottes mobiles le long de ces tiges A et solidaires du tiroir T du servo-moteur. Les ressorts R′ équilibrent l'action

du vent sur la palette ; les ressorts R enfilés aussi sur les tiges A servent, d'une part, à relier les masselottes M à la palette et, d'autre part, comme cela a été dit plus haut, à rappeler automatiquement les masselottes quand l'appareil reprend une vitesse uniforme et à s'opposer à tout déplacement des masselottes quand l'aéroplane s'incline en avant ou en arrière.

Par le déplacement d'une tige unique, la résultante seule des indications données est enregistrée et, par suite, sont exactement mesurés à la fois le coup de gouvernail de profondeur et l'intensité et la durée de ce coup de gouvernail. Toute variation dans l'angle d'attaque amenant nécessairement une variation correspondante dans la vitesse de déplacement de l'aéroplane, le *stabilisateur, par son accéléromètre, corrige l'effet de son propre coup de gouvernail* dans le temps même que l'appareil lui obéit.

Les masselottes, en outre qu'elles mesurent exactement tous les chocs reçus par l'aéroplane et provenant d'une cause extérieure, ont sur le bon fonctionnement même du stabilisateur un *effet régulateur* extrêmement intéressant et important. Cependant, la vitesse variant constamment, ce qui doit entraîner un tangage perpétuel de l'appareil, on a choisi — en vue de remédier à ce notable inconvénient — des ressorts tels que le maximum et le minimum de vitesse critique ne soient pas trop rapprochés.

28. — Stabilisateurs gyroscopiques.

On sait qu'un gyroscope est essentiellement constitué par une masse animée d'un rapide mouvement de rotation. Cet appareil a la propriété de s'opposer aux oscillations et de maintenir son plan de rotation dans une position invariable par rapport à la terre. On a proposé d'utiliser un gyroscope suspendu dans un cardan pour commander les gouvernails. La position du gyroscope étant immuable, tous les mouvements de l'appareil modifieraient la position relative de l'aéroplane et du gyroscope.

Le « sperry ». — Le concours de 1914 pour la sécurité en aéroplane a mis en lumière certains dispositifs de stabilisation automatique et en première ligne (puisque ce fut à cet appareil que fut accordée la plus haute récompense) le stabilisateur gyroscopique Sperry. L'inventeur constructeur de cet engin a réussi à éliminer l'action nuisible des mouvements secondaires du gyroscope et à réunir quatre de ces délicats appareils en un ensemble mécanique extrêmement précis et sensible qui constitue une machine à réflexe, un pilote automatique aussi parfait que possible et produisant, pour chaque déséquilibre de l'avion, la commande de sens et d'amplitude justement nécessaires au rétablissement de la position normale de l'aéroplane.

L'ensemble sensible est constitué par 4 groupes tournant autour d'axes horizontaux disposés en périmètre d'un carré. Les organes de manœuvre sont

des servo-moteurs à air comprimé mis en action par le déplacement, par rapport à l'appareil, du plan des axes des gyroscopes suspendus à la cardan.

Les expériences faites à Bezons avec un canot-volant « Curtiss » munis d'un stabilisateur « Sperry » furent très concluantes : pendant le vol, à moins de 100 mètres du sol, passager et pilote quittèrent leur place et allèrent excursionner dans les ailes à travers les haubans, tandis que le pilote automate rectifiait tous les déséquilibres résultant de ces déplacements de poids et assurait constamment un vol parfaitement correct.

Malgré tout, ces appareils ne semblent guère utilisables que comme indicateurs. Ils tendent, en effet, à conserver à l'avion une position immuable dans l'espace sans tenir compte des variations d'intensité et de direction du vent relatif sur lequel l'avion doit à chaque instant se modeler. De plus, ils agissent toujours en retard, la rupture d'équilibre s'étant déjà produite. Il s'ensuit que le redressement peut amener une fatigue des organes. Il semble donc que la stabilité automatique doive donner une indication et une correction *préventive* et tendre à *assurer* la fixité du régime de marche et l'adaptation de l'avion à toutes les perturbations. C'est tout.

CHAPITRE V

CLASSIFICATION DES AÉROPLANES

29. — Différentes parties d'un aéroplane.

Nous venons d'étudier l'aéroplane dans son principe ainsi que ses organes essentiels. Dans la pratique, on donne aux différentes parties des formes et des dispositions variées, d'où de grandes différences d'aspect.

Néanmoins on retrouve, dans tous les appareils, les parties essentielles suivantes :

1° La *voilure principale*, qui assure la sustentation ;

2° Des *voilures auxiliaires*, pour la stabilisation et les gouvernes;

3° Le *corps de l'appareil*, constitué par une nacelle et une poutre de liaison ou un fuselage, et servant à relier entre elles les différentes parties ;

4° Un *train de roulement* ou châssis d'atterrissage pour le lancement et le retour au sol ;

5° Un *propulseur* (hélice) destiné à produire la force de traction;

6° Un *moteur* qui fait tourner le propulseur et lui fournit l'énergie nécessaire ;

7° Des *commandes* placées à la portée du pilote lui permettant de manœuvrer de son siège les surfaces de gouverne.

30. — Classification des aéroplanes.

On peut classer les aéroplanes suivant la disposition de la voilure principale, la disposition des surfaces auxiliaires, la nature de la poutre de liaison, l'emplacement et le nombre des moteurs et des propulseurs, la disposition du train d'atterrissage ou des gouvernes, le centrage, l'emploi de l'avion, etc.

Toutes ces classifications sont arbitraires et dépendent du point de vue auquel on se place.

La classification la plus courante est celle qui résulte de la disposition de la voilure principale. Suivant qu'elle est disposée en une seule surface ou en deux surfaces superposées, les avions sont appelés monoplans (fig. 17) ou biplans (fig. 18 et 19).

Une autre grande différenciation résulte de la position des surfaces auxiliaires. Placées à l'arrière, elles donnent les appareils à « queue »; à l'avant, les appareils « canards ».

Le corps de l'appareil est une poutre de liaison de grande section si l'hélice tourne à l'arrière des ailes, à l'intérieur de la poutre (fig. 18). Si l'hélice tourne à l'avant de la voilure, en dehors de la poutre, celle-ci a une section plus faible, est entièrement entoilée et prend alors le nom de *fuselage* (fig. 13 et 17).



Fig. 17. — Monoplan « parasol » Morane-Saulnier.

Fig. 18. — Biplan Voisin-canon.

Les trains de roulement forment deux catégories, suivant qu'ils sont munis ou non de patins.

Le moteur peut être placé devant ou derrière le pilote et entraîner une ou plusieurs hélices.

Les poids importants : pilote, moteur, etc., peuvent être placés assez haut pour que le centre de gravité soit très peu en dessous (30 centimètres) du centre de poussée de l'air sur la voilure, l'appareil est dit alors à *centres confondus*. Si les poids importants sont placés assez bas par rapport aux ailes pour que le centre de gravité soit beaucoup plus bas que le centre de poussée (0 m. 50 à 1 mètre) l'appareil est dit à *centres distincts*.



Fig. 19. — Biplan Caudron à nacelle.

CHAPITRE VI

MATÉRIAUX ET ASSEMBLAGES

31. — Matériaux employés en aviation.

Dans la construction des aéroplanes, on emploie : des *bois*, des *métaux*, des *tissus*. Les pièces qui doivent supporter de grands efforts sont en bois durs et souples ou en tubes d'acier ; celles qui travaillent peu sont en bois blanc ou résineux, quelquefois en tubes d'acier très minces. Les tissus servent à recouvrir les surfaces.

Il est indispensable que tous les bois employés soient de première qualité, bien *droit fil* et sans nœuds : ce qui entraîne, parfois, des déchets importants. Le bois à couches tordues, en effet, se déforme sous l'influence des perturbations atmosphériques et particulièrement de l'humidité : d'où déréglage de l'appareil. Les nœuds créent des points de rupture. Le bois d'arbres morts ou abîmés par la gelée ou les insectes doit être absolument rejeté.

De même les pièces métalliques doivent être parfaitement homogènes, sans défauts : criques, pailles, gerçures.

32. — Bois durs.

Les bois durs utilisés en aviation sont le frêne, le hêtre, l'acacia, l'orme, le noyer, l'hickory.

Frêne. — Le frêne bien que lourd est très employé, parce qu'il est souple et tenace (bois de charronnage); il se cintre facilement après avoir été trempé dans l'eau chaude ou exposé à la vapeur. Il est blanc avec des veines rougeâtres; difficile à raboter. Sa densité varie de 670 à 840 kilos au mètre cube, suivant qu'il est plus ou moins sec; sa résistance est de 80 kilos par centimètre carré environ.

Hickory. — On remplace quelquefois le frêne par l'*hickory*, surtout dans la construction des patins d'atterrissage. L'hickory est un bois exotique, qui présente à peu près les mêmes propriétés que le frêne, quoique devenant cassant quand il est sec. Il est parfaitement droit fil et sans nœuds. On a moins de déchet qu'avec le frêne.

A défaut de frêne on pourra employer, pour une réparation effectuée dans la campagne, n'importe lequel des bois durs énumérés plus haut et de préférence le hêtre.

Noyer. — Le *noyer* est un bois dense (850 kilos au mètre cube) et résistant. Il sert à faire les hélices, mais n'est pas employé dans la construction de l'appareil à cause de son prix élevé.

33. — Bois résineux et bois blancs.

On emploie souvent à la place des bois durs, des *bois résineux* ; le pin ou le sapin (*spruce*, *epi*-

cea dont la densité est peu élevée, mais qu'on ne peut utiliser, à poids égal, que sous des dimensions plus fortes.

En général, les bois résineux ne résistent pas bien à la flexion et sont cassants.

Les variétés employées sont habituellement le pin rouge de Norvège et le pin d'Amérique, le spruce.

Les *bois blancs* sont le peuplier, le grisard, le bouleau, l'aulne, le platane, le tilleul, le tulipier, etc.

On emploie surtout le *peuplier* et sa variété nommée *grisard* : sa densité est de 400 kilos au mètre cube. Il sert pour les parties qui n'ont pas d'effort à supporter.

Le *bambou*, qui est un bois creux naturel, a été abandonné à cause de la résistance à l'avancement offerte par les nœuds et surtout des difficultés d'assemblage.

Le *contreplaqué* est formé par des grandes feuilles de bois (sycomore, acajou, okoumé) obtenues en les découpant tout autour d'un arbre et collées ensuite à plat par feuilles de fil contrarié (3 ou 5) à la presse hydraulique.

34. — Métaux.

Les principaux métaux employés pour la construction sont l'acier, l'aluminium et ses composés et aussi le bronze.

L'*acier* est le métal aéronautique par excellence. C'est lui qui présente la plus grande résistance pour le plus faible poids.

On l'emploie sous forme de tubes, fils, câbles, tôles, cornières, pièces forgées pour assemblages, etc.

Les aéroplanes étant exposés à des efforts anormaux violents, nécessitant, par conséquent, une certaine flexibilité, on emploie des aciers ayant une grande élasticité, c'est-à-dire tenaces et non cassants. On devra donc utiliser des aciers doux ou demi-durs.

Leur résistance à la rupture est environ de 35 kilos par millimètre carré.

La charge de sécurité à admettre, c'est-à-dire l'effort auquel on les fera normalement travailler, sera de 6 à 10 kilos par millimètre carré.

Les diverses opérations métallurgiques : laminage, tréfilage, trempe, recuit, améliorent l'acier en augmentant sa résistance; l'écart entre la limite élastique et la limite de rupture est cependant fréquemment diminué.

Enfin, les aciers spéciaux : au nickel, chrome, tungstène, vanadium, permettent d'obtenir, grâce à leur haute résistance, des charpentes extrêmement légères. Ils sont employés sous forme de tubes. Ils ont l'inconvénient d'être chers et difficiles à travailler. Certains semblent craindre la soudure autogène.

L'*aluminium*, qu'on avait cru, un moment, appelé à jouer un grand rôle dans les constructions aériennes, a été, à cause de son peu de résistance et de sa rapide détérioration, vite supplanté par l'acier. Il n'est plus employé que dans les pièces d'assemblage, où il travaille peu, et sous forme de tôles pour la confection des capots.

Il entre cependant dans de nombreux alliages qui, présentant une résistance supérieure et une plus grande inaltérabilité, commencent à être très utilement employés : *partinium*, *bronze d'aluminium*, *duralumin*. Ils manquent cependant d'homogénéité et se cristallisent à la longue.

35. — Tissus.

Ils servent à recouvrir les surfaces, Les tissus habituellement employés sont en lin ou en coton.

Le *lin* est le plus résistant ; il est généralement préféré. Sa couleur est grise et son grain est fin et régulier.

Le *coton* est plus blanc et plus grossier d'aspect.

La *ramie* (fibres d'orties), très employée autrefois, a dû être abandonnée, sa résistance diminuant très rapidement.

Les étoffes employées doivent présenter une résistance d'au moins 1.000 kilos par mètre linéaire, en chaîne aussi bien qu'en trame.

36. — Enduits.

Pour augmenter le poli des surfaces et éviter que le tissu ne s'imprègne d'humidité, on employait autrefois des toiles *caoutchoutées*. Elles avaient le défaut de se détendre et de s'altérer au soleil.

On emploie aujourd'hui un *vernis au collodion* (de la cellulose dissoute dans l'acétone), qu'on passe sur l'étoffe après la pose. Il faut plusieurs couches : habituellement trois qui sèchent en

une heure, et qui absorbent 200 centimètres cubes environ de vernis par mètre carré. La dernière couche de ces émaillants (acellos, émaillite, avionite, etc.) consiste en un dissolvant destiné à donner du brillant à la surface et à faire disparaître les taches blanchâtres produites par les autres couches au moment du séchage. On ponce alors, au préalable, les couches précédentes. L'émaillant, en séchant, tend la toile, la rend rigide, glissante et en augmente la résistance linéaire et la rend insensible aux variations hygrométriques.

37. — Carcasse.

Les pièces qui constituent la membrure des surfaces portantes et des poutres de liaison se nomment :

Montants, quand elles sont placées verticalement.

Longerons, quand elles sont placées horizontalement et qu'elles ont une grande longueur (plusieurs mètres).

Traverses, quand elles constituent des longerons très courts (de moins de 1 mètre).

Nervures ou *éléments de courbe*, quand elles servent à maintenir la courbure des surfaces.

Les appareils aériens doivent être à la fois solides et légers : conditions contradictoires qui rendent leur construction particulièrement délicate. — Actuellement, la plupart des avions sont partie en bois et partie en métal, mais il y en a qui sont entièrement en tubes d'acier. L'inconvénient du

bois est de se déformer à l'humidité ; celui du tube d'acier est que les déformations sous l'action d'un choc violent subsistent. Le poids mort est, de plus, augmenté.

Les pièces qui ne subissent pas directement l'action de l'air, comme les pièces de la charpente des ailes ou d'un fuselage entoilé, ont une section en I, qui permet d'augmenter la solidité tout en diminuant le poids.

Les pièces découvertes, exposées directement au vent de la marche, ont une section *fuselée* en forme de bon projectile (fig. 5) ; tel est le cas des montants de cellules, de châssis, et de poutres de réunion des biplans. On évite qu'ils ne fléchissent en renforçant la section où s'exerce le maximum de fatigue (au milieu de la longueur). Ils sont parfois en bois creux, pour plus de légèreté. Certains constructeurs emploient aussi des montants en tubes d'acier habillés de bois pour diminuer la résistance à l'avancement.

Les organes de grandes dimensions : poutres de réunion, cellules, fuselages, sont des poutres *en treillis*, constituées par des longerons qu'entretoisent des montants et des traverses. L'indéformabilité et le réglage éventuel sont assurés par un croisillonnage en fils d'acier (voir fig. 47, 48 et 49).

38. — Assemblages.

Assemblages des pièces de bois.

Les différentes pièces sont réunies entre elles par

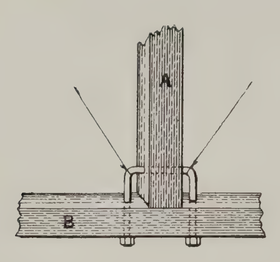


Fig. 20. — Assemblage en étrier Blériot.

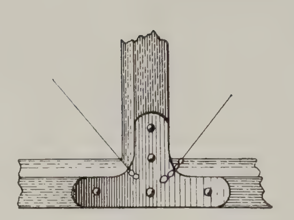


Fig. 21. — Assemblage par équerre.

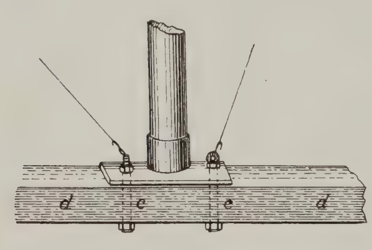


Fig. 22. — Assemblage par embout.

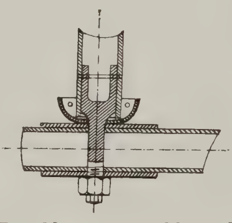


Fig. 23. — Assemblage de tubes.

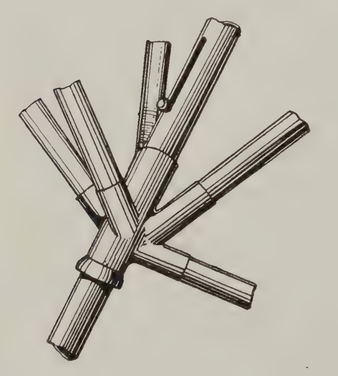


Fig. 24. — Assemblage en tubes d'acier brasé.

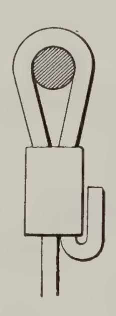


Fig. 25. — Tirant en corde à piano et coulant.

des assemblages étudiés spécialement pour ne pas trop affaiblir les pièces.

Les assemblages employés en aviation sont extrêmement nombreux et varient, non seulement d'une marque à l'autre, mais aussi d'un organe à l'autre d'un même appareil.

Nous nous bornerons à décrire les plus fréquemment employés.

Étriers Blériot (fig. 20). — Des U en gros fil d'acier, filetés à leur extrémité, sont serrés sur le longeron par des écrous, tandis que leur branche transversale passe dans un trou ménagé dans le montant. Les fils raidisseurs sont fixés directement aux angles de l'étrier. La tension des fils peut s'obtenir, dans une petite limite, en serrant les écrous de l'étrier.

Équerres (fig. 21). — La figure permet de comprendre immédiatement en quoi consiste cet assemblage : la plaque est fixée à la fois sur le longeron et sur le montant par des vis, tandis que des trous ménagés dans la plaque permettent de fixer les tirants.

Raccords par godet (fig. 22). — La partie en forme de plateau est fixée aux longerons par des boulons à œil, tandis que la partie annulaire reçoit le pied du montant, introduit à force. Dans l'œil des boulons, on fixe les fils d'acier des tirants.

Parfois la plaque fait le tour de la pièce ferrure : on évite ainsi les trous de boulons. Les tirants se fixent alors à la *platine* de la ferrure.

Assemblages des tubes d'acier (fig. 23 et 24). —

Lorsque la construction est en tubes d'acier, les assemblages se font soit par *soudure autogène*, les pièces sont (alors directement soudées l'une à l'autre), soit dans des *raccords en acier*, dans lesquels les tubes viennent s'assembler. Ils y sont goupillés, puis soudés à l'étain ou brasés comme les tubes de bicyclettes.

Assemblage Denhaut. — Sur les longerons sont montées des pièces d'attache comportant une articulation rotulaire ; la *tige de départ* de cette articulation est filetée et vient se visser à l'intérieur d'un tube d'acier formant âme des montants de cellule.

Comme les pas de vis supérieur et inférieur sont de sens contraire, il s'ensuit que les montants sont réglables en longueur par simple rotation sur eux-mêmes.

39. — Haubans.

Tirants en fil d'acier. — Le procédé habituel pour fixer les tirants en fil d'acier aux ferrures d'assemblages et aux tendeurs consiste (fig. 25) à recourber le fil et à le passer dans un petit tube elliptique en acier appelé *coulant*, l'extrémité libre du fil étant en fin d'opération repliée sur le coulant.

On emploie parfois de petites spirales en corde à piano, qui semblent plus solides et ne risquent pas d'éclater.

Tirants en câbles d'acier. — On tend actuellement à abandonner, du moins pour les liaisons importantes, les tirants en corde à piano (fil

d'acier à haute résistance) et à les remplacer par des câbles d'acier qui présentent le gros avantage d'être plus résistants et surtout de ne pas casser brusquement, étant composés d'éléments multiples se doublant les uns les autres.

La fixation ou l'attache des bouts de câble a été un problème délicat. On a commencé par employer un système de cosses à gorges sur lesquelles le



Fig. 26. — Mode d'attache de haubans en câble d'acier.

câble était enroulé pour venir ensuite *s'épisser* sur lui-même.

On a employé, à la place de l'épissure, des dispositifs de *serre-câbles* à écrous constitués par un *large coulant* en acier dans lequel passent les deux *brins* et présentant un élargissement pour passer un ou plusieurs boulons entre les brins. Le serrage de ces boulons déformant le coulant bloque les câbles dans leur position (fig. 105).

Actuellement on donne généralement la préférence à un dispositif (Voisin) plus simple et aussi plus sûr (fig. 26) : l'extrémité du câble est détordue et engagée dans un trou conique de la pièce d'attache. On enfonce ensuite un coin métallique entre les fils de manière à les rendre divergents, et on verse sur l'ensemble de la soudure d'étain qui, à la prise, transforme l'extrémité du

câble en un bloc conique qui se coince d'autant plus que la traction est considérable.

40. — Tendeurs.

Pour régler la tension de ces tirants, on intercale sur eux (en général au voisinage d'un des points d'attache) un *tendeur* (fig. 27). Cet organe est essentiellement constitué par une douille en laiton ou en acier, appelée *manchon*, formant

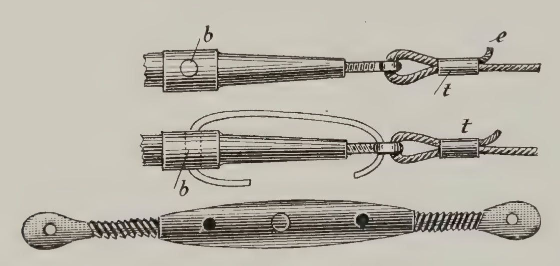


Fig. 27. — Tendeurs.

écrou, dans laquelle viennent se visser deux boulons à œil de pas inverses. Le manchon porte, en son milieu, un trou ou un six pans, qui permet de le faire tourner sur lui-même. Dans ce mouvement, les vis des deux boulons étant inverses, tous les deux se vissent ou se dévissent en même temps, suivant le sens de la rotation.

Quand le réglage est effectué, on passe un fil de fer dans le trou du manchon et dans l'œil d'un des boulons, ce qui assure l'indesserrabilité.

Dans le *tendeur Blériot* (fig. 28), l'indesserrabilité est obtenue d'une façon un peu différente : le

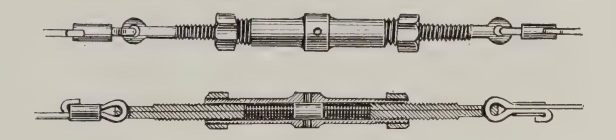


Fig. 28. — Tendeur Blériot.

manchon en acier est fendu à son extrémité et fileté extérieurement. Quand le réglage est fait, on bloque les écrous qui assurent l'indesserrabilité.

Les tendeurs à chape ont une de leur vis qui se « frappe » directement sur l'attache-fils.

La douille est de préférence en bronze plutôt qu'en acier, la rouille ne risquant pas ainsi de faire adhérer les deux pièces l'une à l'autre. Lors d'un calcul de résistance, ne compter que sur une résistance de 60 kilogrammes par millimètre carré de section des tiges, à condition, bien entendu, que les filets soient en surépaisseur.

CHAPITRE VII

SURFACES PORTANTES

41. — Dispositions générales adoptées dans les surfaces portantes.

Les ailes affectent généralement, en plan, la forme d'un rectangle ou d'un trapèze, dont la grande dimension est disposée suivant l'envergure (fig. 29-30).

Les ailes sont parfois arrondies aux extrémités de l'envergure.

Cette forme en plan, peu importante au point de vue purement aérodynamique, permet, dans une certaine mesure, l'identification des avions (1).

On appelle *envergure* la dimension perpendiculaire au sens de la marche. L'autre dimension s'appelle la *profondeur* de l'aile : elle ne dépasse guère 1 m. 80 à 2 m.

Comme nous l'avons déjà vu, le rapport de l'envergure à la profondeur s'appelle *l'allongement*. Il est habituellement de 4 à 5 dans les monoplans, et de 6 à 9 dans les biplans.

(1) Voir Desmons : *Comment reconnaître les avions militaires*. Libr. Aéronautique, 1915, ainsi que le tableau de l'Aéro-Club.

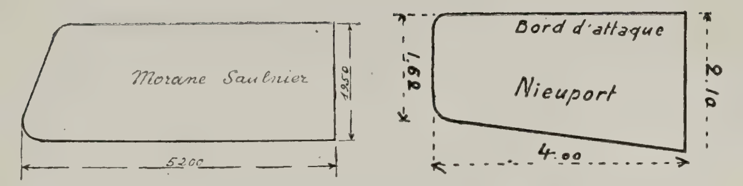


Fig. 29. — Ailes trapézoïdales (monoplans).

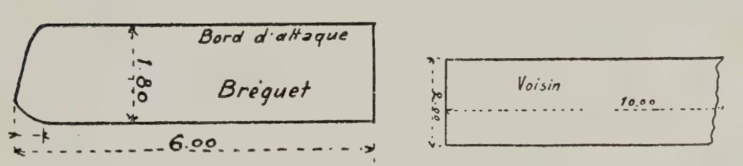


Fig. 30. — Ailes rectangulaires (biplans).

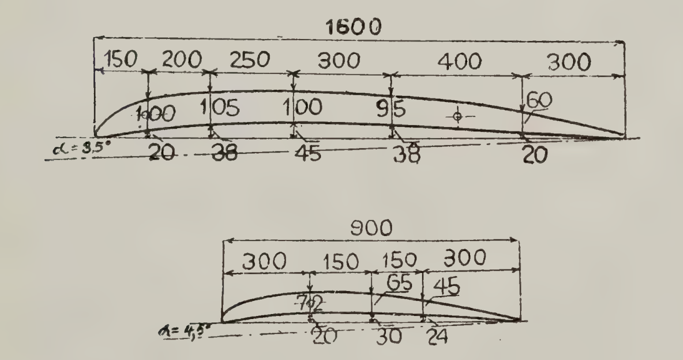


Fig. 31. — Profils d'ailes (biplan Nieuport).

Les ailes sont concaves et ont une certaine épaisseur pour loger la carcasse intérieure.

Leur section faite suivant une nervure s'appelle *profil* (fig. 31).

La ligne du dessous est la *courbure ventrale* ou *inférieure* du profil ; on l'appelle aussi *intrados*.

La ligne du dessus est la *courbure dorsale* ou *supérieure* du profil (*extrados*).

La droite qui sous-tend l'intrados est la *corde* du profil.

Une perpendiculaire à la corde (45) à l'endroit où le profil est le plus concave, s'appelle la *flèche*.

Les profils actuels ont des flèches variant entre un quinzième et un trentième de la longueur de la corde. On les désigne sous le nom de profil 1/20e, profil 1/30e, etc.

Pour faciliter la pénétration de l'aile et pour donner aux filets d'air la meilleure marche possible, on a étudié, outre la courbure, l'emplacement de la flèche et l'épaisseur, la forme optima à donner au *bord d'attaque*, qui est la partie peut-être la plus importante de l'aile : il est arrondi ou en forme d'obus ; le bord de sortie doit être, par contre, le plus mince possible et prêter un peu aux rafales pour diminuer les remous à l'arrière.

42. — Membrure intérieure d'une aile.

Elle comprend (fig. 32) :

Deux longerons principaux : A, longeron principal avant, et B, longeron principal arrière, qui

sont les pièces maîtresses supportant la charge.

Deux longerons secondaires : C, qui constitue le bord d'attaque, et D, le bord de sortie. Ces longerons ne servent qu'à fixer la toile et à résister à la tension considérable de l'émaillant. Celui d'arrière est souvent constitué par de simple fil de fer ou du fil fouet.

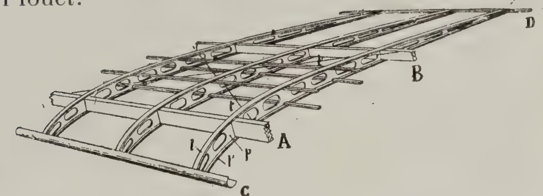


Fig. 32. — Membrure d'une aile de monoplan ou membrure à quatre longerons.

Sur ces quatre longerons sont fixées perpendiculairement les nervures. Elles ont un profil en I et sont constituées essentiellement par deux semelles *l l'* clouées sur la tranche inférieure et supérieure d'une planchette verticale *p*, l'âme, allégée de trous, assurant la rigidité de l'ensemble et l'invariabilité du profil. Cette *âme* est collée et clouée dans une rainure des *semelles* ; elle est coupée pour laisser passer les longerons par-dessus lesquels passent ces deux semelles. Des tirants diagonaux *t t'* en fils d'acier sont tendus entre les longerons principaux et assurent l'indéformabilité des quadrilatères. Pour éviter la torsion des nervures, celles-ci sont fréquemment reliées entre elles par des diagonales de « coulisse » de fil.

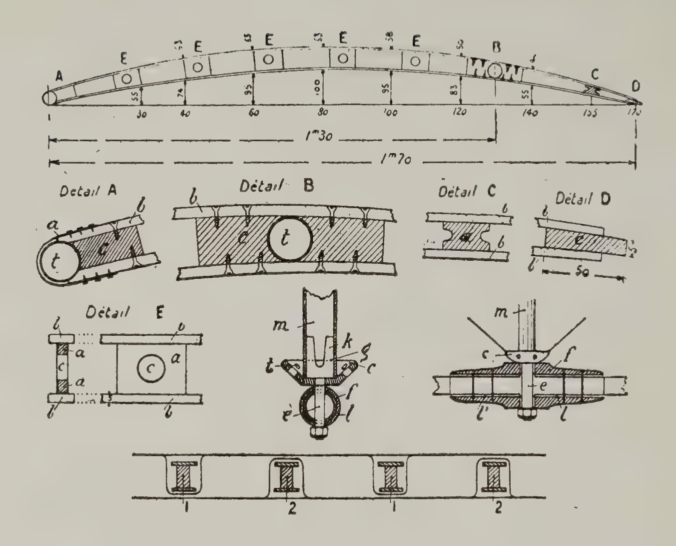


Fig. 33. — Aile à longerons métalliques (Voisin).

Détail A. — *t* tube d'acier cylindrique de 35 × 32 mm. au milieu de la cellule et 35 × 33 aux extrémités ; — *a*, feuille de tôle clouée sur les nervures et retenant le longeron *t* ; — *b*, latte de frêne de 15 × 5 ; — *c*, taquet de 15 mm. d'épaisseur vissé avec la latte *b*.

Détail B. — *t*, tube d'acier de 302 × 7 au milieu de la cellule et 30 × 28 aux extrémités ; — *b*, lattes de 15 × 5 mm. ; — *c*, taquet de 15 mm. d'épaisseur.

Détail C. — *a*, longeron secondaire ; — *b*, lattes de 15 × 5.

Détail E. — *a*, taquet de 8 mm. d'épaisseur ; — *b*, lattes de 15 × 5 ; *c*, trou d'allègement.

Assemblage des montants aux longerons. — *l l'* tube longeron ; *f*, fourrure goupillée sur *l* ; — *m*, montant tubulaire ; — *k*, boulon d'assemblage soudé et goupillé sur *m* ; — *c*, cuvette percée de trous *t* pour la fixation des tirants d'acier.

En bas : Schéma de l'entoilage « Voisin ». Les nervures sont enfilées dans des goussets cousus à l'intérieur de la toile de recouvrement.

Les longerons principaux sont habituellement en frêne ou en spruce ; ils affectent alors généralement une section verticale en I (fig. 32). Ils peuvent être également constitués par un tube d'acier (fig. 33) parfois fourré de bois.

Les longerons secondaires sont quelquefois en sapin ou en peuplier. Le centrage de l'avion pouvant réduire leur concours à la sustentation, ils sont faits le plus légèrement possible. On donne au longeron avant un profil arrondi, évidé intérieurement pour l'alléger. Il est quelquefois constitué par une simple gouttière en aluminium clouée sur les nervures. Si l'aile est arrondie à l'extrémité, les deux longerons C et D sont réunis par un cintre en bois, sur lequel vient se fixer la toile.

43. — Carcasse intérieure à deux longerons.

Ce type plus simple, et qui permet de conserver l'arrière de l'aile souple, consiste à n'employer que deux longerons (Caudron).

Le longeron principal avant sert de bord d'attaque. Le longeron principal arrière est placé environ au milieu de l'aile. Le bord de sortie est une simple ficelle clouée sur l'extrémité des nervures (fig. 34).

Les nervures sont quelquefois constituées par une seule latte en frêne, placée sur la face inférieure de l'aile, et par une planchette verticale destinée à maintenir la courbure. La latte est clouée sur les deux longerons.

Des tirants diagonaux assurent comme toujours la rigidité de l'ensemble.

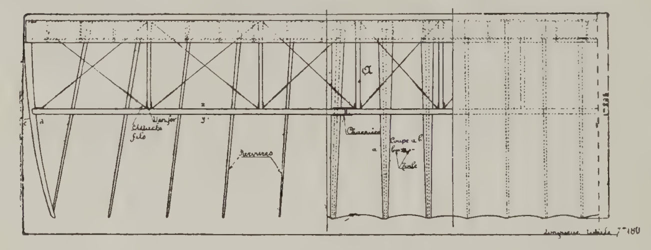


Fig. 34. — Aile Caudron.

Remarque. — Cette disposition de longerons est aussi employée avec des nervures en I analogues à celles déjà vues.

44. — Membrure Wright.

Le mode de construction employé par les frères Wright (fig. 34) était identique au précédent, sauf

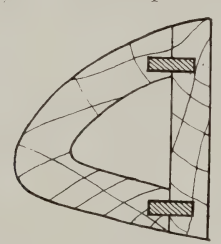


Fig. 35. — Coupe de longeron avant.

en ce qui concerne les nervures, qui étaient constituées, ici, par deux lattes, entre lesquelles étaient

cloués des taquets de bois pour maintenir la courbure et renforcer l'ensemble. A l'arrière, les deux lattes pouvaient glisser l'une sur l'autre et permettre un relèvement de l'arrière de l'aile (gauchissement).

45. — Entoilage des ailes.

On dispose parfois l'étoffe en bandes perpendiculaires au bord d'attaque de l'aile. Il vaut mieux la placer en biais ; elle épouse mieux la forme de la surface courbe, surtout pour les ailes soumises au gauchissement, et il n'y a pas de perte de tissu.

L'étoffe peut être lacée sur le bord arrière de l'aile; elle est alors démontable; ou fixée à la charpente par des clous en cuivre. Les clous en fer se rouillent et rongent l'étoffe : on ne les emploie qu'en ayant soin d'interposer une petite rondelle d'aluminium entre leur tête et la toile.

L'entoilage du dessus de l'aile, soumis à une aspiration, doit être fixé d'une façon particulièrement soignée. Une baguette de bois demi-cylindrique (*liteau*) est vissée sur les nervures par-dessus la toile pour prévenir tout arrachement.

46. — Fixation des ailes de monoplan.

Les ailes ainsi construites n'ont pas une solidité suffisante pour soutenir en porte-à-faux le poids de l'appareil. On les soutient, vers leurs extrémités, par des câbles aboutissant à l'appareil (fig. 36). Ces câbles s'appellent *haubans*.

Il y a deux espèces de haubans : les *haubans inférieurs*, qui supportent le poids de l'appareil en vol normal, et les *haubans supérieurs*, destinés à

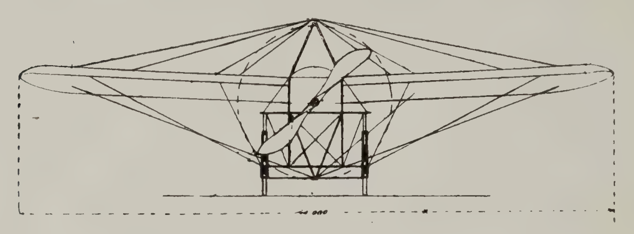


Fig. 36. — Haubanage des ailes d'un monoplan.

maintenir les premiers toujours tendus, à supporter les ailes au repos, ou, en l'air, à résister aux

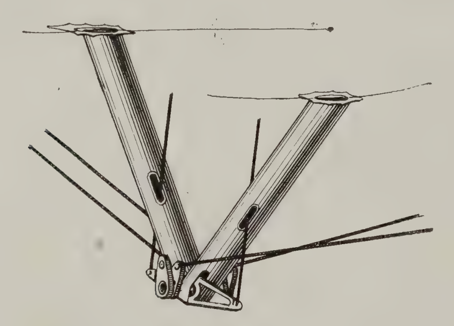


Fig. 37. — Pylone de fixation et doigts de commande des câbles de gauchissement.

remous descendants très violents qui peuvent attaquer l'aile par sa face supérieure.

Les haubans inférieurs doivent être les plus

résistants. On les fait en corde à piano, en câble d'acier toronné ou en ruban d'acier plat ou lame de ressort ayant ordinairement 15 millimètres de large pour 3 d'épaisseur (*feuillard*).

Les haubans supérieurs sont en fil d'acier ou en câble un peu plus petit que pour les haubans inférieurs.

Les haubans supérieurs et inférieurs s'attachent

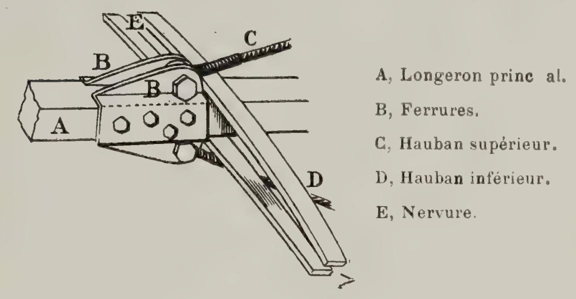


Fig. 38. — Ferrure d'attache de hauban sur un longeron d'aile en bois.

aux mêmes points sur les longerons principaux des ailes. Il y a toujours au moins deux haubans inférieurs et deux haubans supérieurs pour chaque longeron, ce qui fait, au minimum, huit haubans par aile (fig. 36), mais on en met parfois davantage.

Les haubans sont fixés par l'intermédiaire de ferrures boulonnées sur le longeron (fig. 38) ou de colliers en métal si le longeron est un tube.

Du côté du corps de l'appareil, les haubans sont fixés à des bâtis en tubes d'acier ou *pylônes*. Les haubans inférieurs sont parfois fixés au châs-

sis d'atterrissage. Cette pratique est très défectueuse, les ailes prenant ainsi appui sur un organe risquant de lâcher en vol après un atterrissage dur. Les haubans de commande de gauchissement sont frappés sur un pylône spécial (fig. 37).

Les ailes de monoplan sont fixées au corps de l'appareil par leurs longerons principaux qui dépassent et qui sont engagés dans des tubes ou des ferrures fixes ou à rotules pour posséder une légère flexibilité.

47. — Fixation des ailes de biplan.

Les deux ailes superposées, décalées ou non, sont entretoisées par des montants — généralement perpendiculaires au bord d'attaque, à moins qu'il n'y ait du V transversalement ; leur ensemble forme ainsi une poutre en treillis d'une grande légèreté et d'une grande solidité qu'on appelle *cellule principale* et qu'on rend indéformable par un croisillonnage en fils d'acier.

Avec les appareils à nacelle, la poutre de réunion qui relie l'empennage à la cellule principale s'attache à celle-ci aux points d'insertion de deux montants arrière sur les ailes. La *carlingue* destinée à recevoir le moteur et les passagers, est boulonnée sur les montants du centre ou sur les longerons de l'aile inférieure.

Lorsqu'on a affaire à un fuselage, celui-ci repose sur les longerons de l'aile inférieurs.

Pour faciliter le démontage de l'appareil, on

tend à rendre la fixation des ailes de biplan semblable à celle des ailes de monoplan : un élément

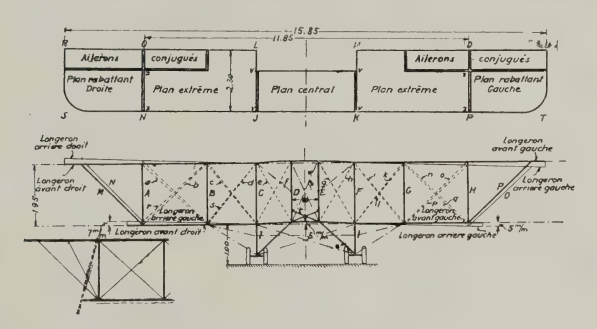


FIG. 39. — Description de la cellule type.

V, EMMANCHEMENT DES LONGERONS : réunion du plan central aux plans extrêmes.

z, CHARNIÈRES des plans rabattants, vissées sur une nervure.

t, CROISILLONNAGE en tube, avec profilés arrière en bois.

u, MATS INCLINÉS.

M, *N*, *O*, *P*, TUBES OBLIQUES, en acier, munis de profilés arrière en bois. — Ne jamais laisser les mécaniciens prendre appui sur ces tubes.

b, *r*, *s*, *d*, *g*, *n*, *i*, *j*, FILS qui doivent être réglés de manière à ne pas vibrer.

D. *E*, MATS DE FUSELAGE, en frêne, avec épaulement pour soutenir la carlingue.

C, *F*, MATS DE PATINAGE, en frêne.

G, *B*, MATS INTERMÉDIAIRES, en sapin

A, *H*, MATS EXTRÊMES, en sapin.

Le longeron arrière *gauche est incliné* vers le bas pour parer au couple de renversement de l'hélice

Le longeron arrière *droit est relevé* vers le haut.

Les longerons des plans rabattants sont en prolongement des longerons de plans extrêmes.

Les fils marqués —·——— travaillent beaucoup à l'atterrissage

central fixe de chaque surface porte des attaches semblables à celles que présente le fuselage d'un

monoplan. Les demi-cellules droite et gauche viennent se rattacher sur cet élément central de cellule, soit toutes montées (Voisin) soit en éléments isolés (Nieuport) qu'on relie sur place.

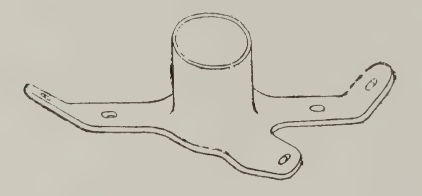


Fig. 40. — Godet de mât et attache fils.

Ainsi que nous l'avons dit les mâts creux (fig. 41) s'insèrent sur des godets ou ferrures (fig. 40). De ces dernières partent des fils qui servent, d'une



Fig. 41. — Coupe d'un mât de cellule.

part à rendre indéformable le système cellulaire — dit système Hergrave ou Chanute — et d'autre part à soutenir les voilures en vol : les fils qui montent en s'écartant de l'axe, travaillent en vol à la traction, amenant ainsi une compression des longerons qui travaillent, d'autre part, à la flexion.

— Les diagonales complémentaires résistent aux efforts d'inertie développés à l'atterrissage et ne travaillent pas en vol. Dans le sens longitudinal existent des croix de Saint-André réunissant chaque montant avant au montant arrière correspondant. C'est sur celles-ci qu'on agit pour régler l'incidence.

48. — Surfaces auxiliaires.

Ce sont les surfaces, autres que la voilure principale, qui concourent à la stabilisation et aux manœuvres.

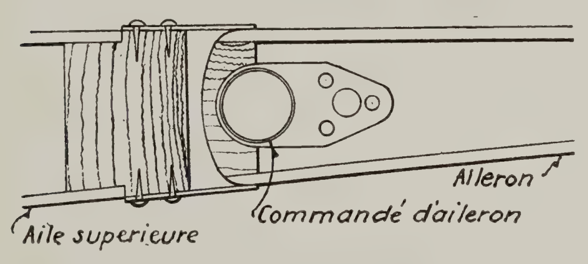


Fig. 42. — Articulation d'aileron.

Parmi elles, les unes sont fixes : ce sont les empennages : stabilisateurs et dérives verticales ; les autres sont mobiles : ce sont les gouvernails d'altitude et de direction et les ailerons.

Ces surfaces affectent les formes les plus variées : triangulaires, demi-circulaires, rectangulaires et, le plus souvent, très irrégulières, géométriquement parlant (fig. 43, 44 et 46).

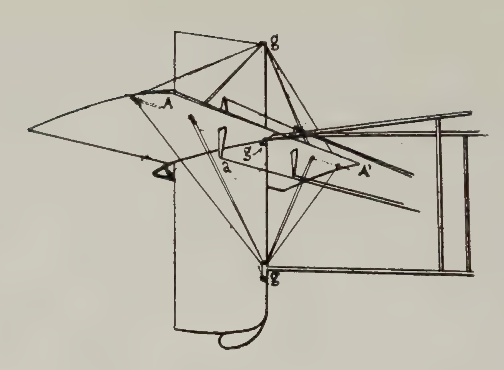


Fig. 43. — Stabilo-équilibreur — l'empennage est porteur et par ses variations de portance crée les variations de régime. — Des ressorts antagonistes assurent la fixité du plan arrière en vol horizontal normal sans cependant gêner la manœuvre, l'équilibreur étant compensé.

Fig. 44. — Équilibreur non porteur à ailerons compensés (Morane-Saulnier).

Leur profil est plat ou arqué, comme celui des ailes quand elles doivent être portantes. Leur carcasse intérieure est analogue à celle d'une aile du premier type décrit avec un emploi plus grand du tube soudé à l'autogène (fig. 45).

Les surfaces mobiles sont placées dans le pro-

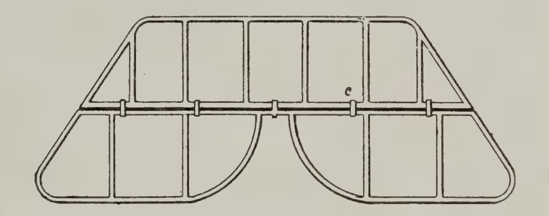


Fig. 45. — Carcasse et empennage horizontal.

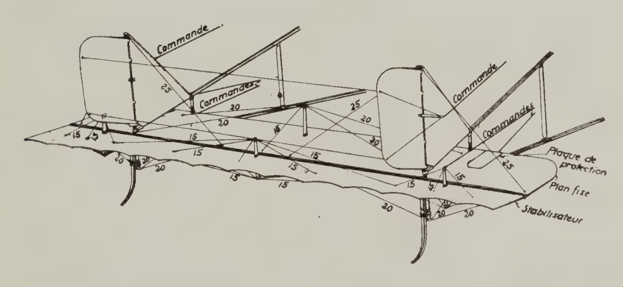


Fig. 46. — Stabilisateur et équilibreur (M. Farman 1915).

longement des surfaces fixes et articulées ou isolées.

Dans le premier cas (fig. 46), elles affectent la forme d'un volet maintenu à l'arrière de la sur-

face fixe par des charnières (fig. 42 et 45). Dans le second cas (fig. 43 et 44), elles sont compensées, c'est-à-dire que leur axe est placé en arrière du bord d'attaque, en sorte que l'action de l'air sur la partie en avant de l'axe équilibre presque complètement l'action de l'air sur la partie arrière. Ces gouvernails *compensés* offrent ainsi très peu de résistance à la manœuvre tout en gardant leur pleine efficacité.

CHAPITRE VIII

CORPS DE L'APPAREIL ET COMMANDES

49. — Poutre de liaison.

Le corps de l'appareil, auquel viennent se fixer les différents organes, est constitué par une poutre formée de longerons, de montants et de traverses, réunis par des assemblages, avec un croisillonnement en fils d'acier qui assure la rigidité et l'indéformabilité de l'ensemble.

Ces poutres, suivant leurs dimensions, s'appellent *fuselages* ou *poutres de liaison*.

50. — Fuselages.

Leur section maxima atteint 0 m. 60 à 1 mètre de côté, et est plus forte à l'avant qu'à l'arrière, en sorte que leur galbe affecte plus ou moins la forme d'un fuseau, d'où leur nom de *corps fuselé* ou *fuselage*.

La section est quelquefois triangulaire (fig. 39), ou le plus souvent rectangulaire (fig. 40).

On diminue considérablement la résistance à la pénétration en entoilant le fuselage.

Les fuselages se font en bois ou en tubes d'acier.

Le bois employé est le frêne ou le spruce pour les longerons et les montants d'avant. Les montants d'arrière sont ordinairement en sapin ou en

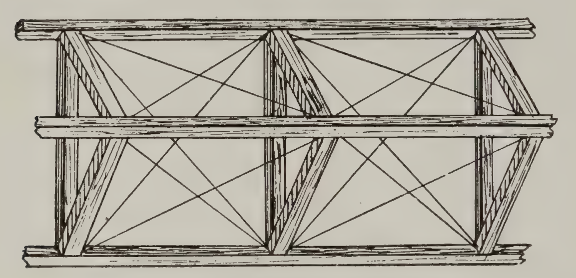


Fig. 47. — Fuselage triangulaire.

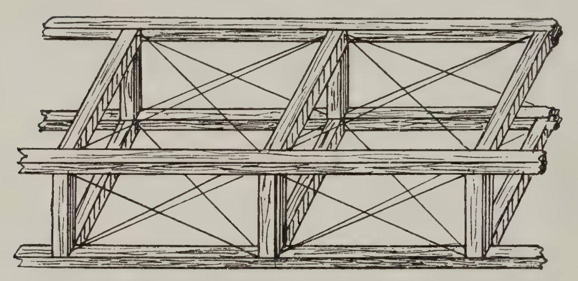


Fig. 48. — Fuselage quadrangulaire.

bois blanc. Le fuselage peut être également *monocoque*, étant constitué par un contreplaquage de minces lattes de tulipier superposées avec interposition d'une épaisseur de toile, ce qui forme une *coque* rigide sans cependant aucun soutien intérieur.

51. — Poutre de liaison.

Il est un cas où jusqu'à présent on a cru ne pas devoir employer de fuselage : c'est quand l'hélice doit tourner à l'arrière de la cellule principale (biplans Voisin, Farman, etc.).

Celle-ci est alors réunie aux surfaces d'empen-

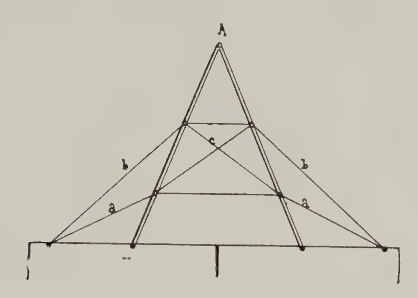


Fig. 49. — Poutre de liaison en plan.

Les quatre tubes sont fixés aux extrémités des montants arrière au dessus du plan supérieur et au-dessous du plan inférieur. L'axe du gouvernail vertical réunit deux par deux, à l'arrière, ces quatre tubes.

a, *b*, *c*, fils de haubanage.

nage par deux cadres verticaux, entre lesquels tourne l'hélice de l'appareil.

Ces cadres sont constitués, chacun, par deux longerons entretoisés de montants avec croisillonnement en fil d'acier (fig. 43, 46 et 49).

Ils constituent ce qu'on appelle la *poutre de liaison* ou *bâti*. Des fils extérieurs de contreventement en assurent l'indéformabilité.

52. — Organes de commandes.

Il y a habituellement sur un aéroplane, trois espèces de commandes :

Une pour l'altitude et la stabilité longitudinale ;

Une pour la stabilité latérale ;

Une pour la direction horizontale.

Chacune comporte un levier ou un volant et des transmissions et les organes particuliers.

Les commandes sont disposées de façon à être naturelles et instinctives ; voici ce qu'on entend par là. Supposons que l'appareil pique : instinctivement le pilote maintient son buste dans la position verticale ; dans ce mouvement il tire naturellement à lui le levier de profondeur qu'il tient dans la main. Il faut que ce mouvement du levier soit celui qui rétablisse l'équilibre, c'est-à-dire qui mette l'équilibreur à la montée. De même pour le gauchissement : l'appareil penche-t-il à droite, le pilote, gardant le buste vertical, se rapproche de la gauche de l'appareil, entraînant la commande de gauchissement qui doit, dans ce mouvement, gauchir l'aile droite, ce qui rétablira l'équilibre.

Actuellement on réunit deux commandes — celles de l'équilibreur et du gauchissement — sur un seul levier (fig. 51), monté à cardan et pouvant osciller d'avant en arrière et de gauche à droite. La cloche Blériot (fig. 50) en est l'origine. Le mouvement d'avant en arrière commande la profondeur, le mouvement transversal, le gauchissement.

Cette réunion de deux commandes sur un même

« manche à balai » laisse au pilote une main libre pour le réglage de la carburation.

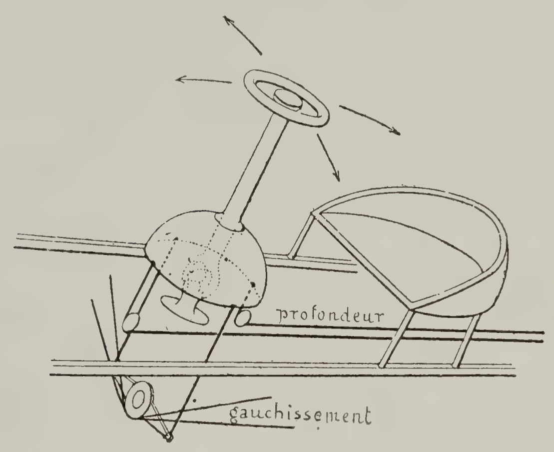


Fig. 50. — Cloche de commande Blériot.

Cette commande a été le type de la commande universellement adopté aujourd'hui (avec des réalisations différentes).

Deux commandes sont réunies sur le même levier ou *cloche*, qui commande, d'avant en arrière, la profondeur, de droite à gauche, le gauchissement. La direction est commandée *à part* par un levier horizontal, manœuvré aux pieds et placé en avant de la cloche. La cloche est articulée à la cardan à sa base. Le petit volant de la partie supérieure est fixé sur le levier et ne sert que d'appui-main.

Dans les appareils allemands, le dispositif de commande généralement adopté comporte un levier à volant vertical ; l'oscillation antéro-postérieure du levier commande le gouvernail de profondeur, tandis que la rotation du volant agit directement sur les ailerons ou le gauchissement. Ce dispositif se retrouve dans le M. F et le Bréguet ainsi que dans presque tous les appareils lourds

Le gouvernail de direction est alors manœuvré au pied, au moyen d'un *palonnier*. C'est une barre

horizontale mobile autour d'un axe vertical passant en son milieu (fig. 51).

Le levier peut très bien ne se déplacer que d'avant en arrière ; un volant ou des ciseaux (M. F.) commandent alors, par leur rotation dans un plan vertical, le mécanisme de gauchissement. Le levier à commandes multiples est, à l'heure actuelle, abandonné en Europe.

53. — Transmissions.

Les transmissions sont souples ou rigides.

Les *transmissions souples* travaillent toujours en

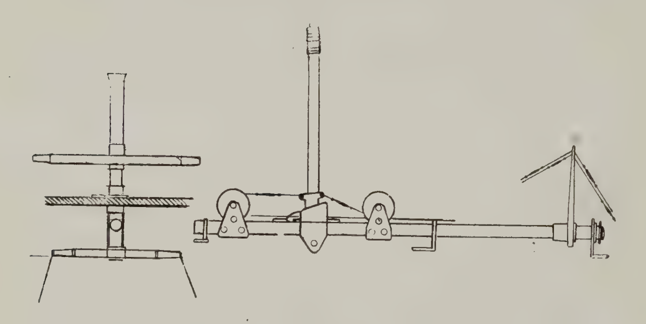


Fig. 51. — Manche à balai et palonnier de direction.

traction, elles sont en corde à piano ou en câble d'acier. Elles sont quelquefois doublées.

Pour éviter qu'elles ne fouettent, on les guide dans des fragments de tubes en laiton.

Les changements de direction des câbles se font,

soit sur des poulies à gorge profonde (le câble seul peut être employé), soit dans des tubes coudés, soit par des « renvois de sonnette ».

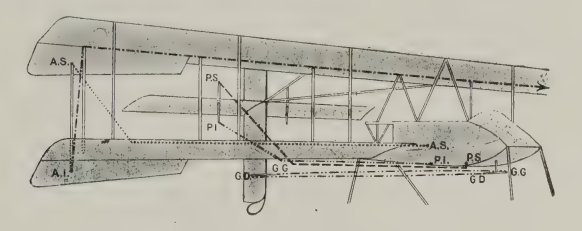


Fig. 52. — Schéma des commandes.

On n'emploie pas indifféremment le câble ou le fil. Le premier est utilisé lors de renvois à angles brusques ; il a l'inconvénient de s'user aux coudes et de s'allonger. La corde à piano s'emploie quand la commande est directe avec des renvois d'un angle non inférieur à 150° ; sa grande résistance — 160 kilogrammes par millimètre carré — permet de l'employer sous de faibles sections, à condition que la fabrication ait été parfaite.

Les *transmissions rigides*, utilisées surtout quand on risque d'avoir un effort de compression, se font par barres de bois ou tubes d'acier. Elles sont indéréglables.

CHAPITRE IX

CARLINGUE ET HABITACLE

54. — Aménagement.

Nous avons vu, jusqu'à présent, que le pilote et son passager se trouvent dans une partie du fuselage qu'on nomme carlingue ou nacelle — par extension de la définition réelle de cette nacelle que l'on rencontre seulement dans les appareils à poutre (fig. 19).

Le passager et le pilote ont des positions respectives diverses, selon le type d'appareil qu'ils montent et son utilisation.

Aussi, dans un appareil de chasse ou de photographie, à poutre de liaison, le passager est devant le pilote, alors qu'il est derrière dans un appareil à fuselage. Dans les avions de bombardement, le pilote est toujours à l'avant. La disposition côte à côte des deux occupants a été abandonnée, parce qu'elle amenait à de trop grandes sections de fuselage; on la rencontre cependant encore dans les hydravions à coque, où l'on dispose de plus de place.

Les deux occupants sont assis sur des sièges capitonnés et ils sont attachés par une ceinture facilement détachable ; un bourrelet capitonné leur évite des meurtrissures en cas d'atterrissage brutal.

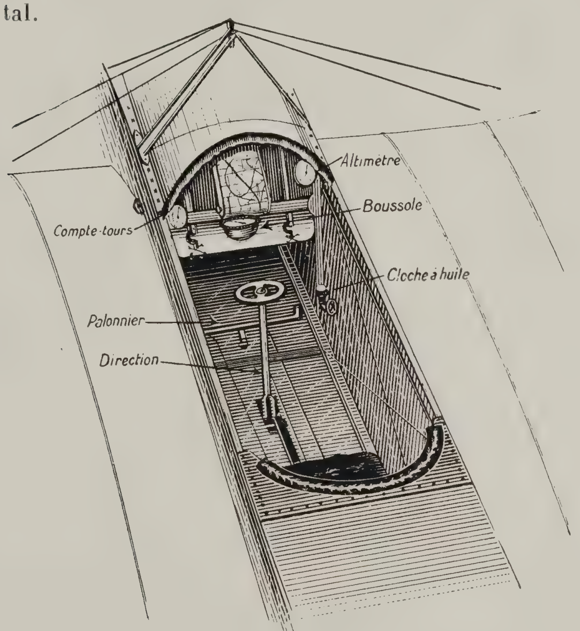


Fig. 53. — Aménagement de l'habitacle.

55. — Visibilité.

La visibilité est restreinte, le pilote ne voyant guère que devant lui, à travers un pare-brise (en

verre Triplex ou en Emaillite) mis pour le protéger du vent, et sur les côtés. Des échancrures sur le plan supérieur lui découvrent une partie du ciel au-dessus de sa tête, alors qu'il voit en dessous soit en se penchant en dehors, — les ailes sont fréquemment échancrées près de la carlingue — soit en se servant d'un « regard » en mica placé dans le plancher. Quelquefois un miroir lui permet de voir en arrière sans se retourner.

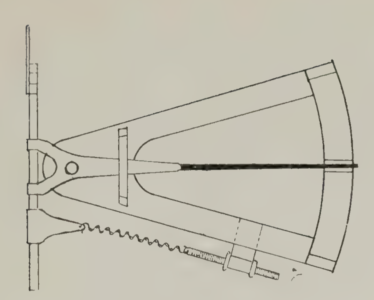
56. — Instruments de bord et accessoires.

Les accessoires que le pilote a à employer durant un voyage sont fort nombreux ; ils lui causent nombre de préoccupations très diverses.



Fig. 54. — Boussole d'aviation.

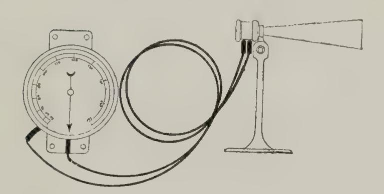
Outre le « manche », qu'il tient en main, le pilote doit manier, souvent coup sur coup, le robinet d'essence (en cas de moteur rotatif), la manette



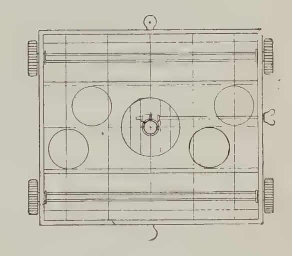
Indicateur de vitesse « Etévé ».



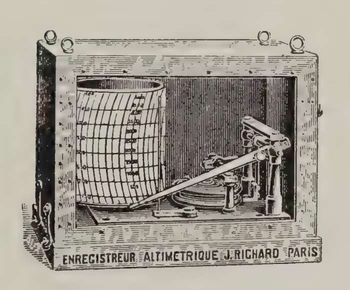
Altimètre.



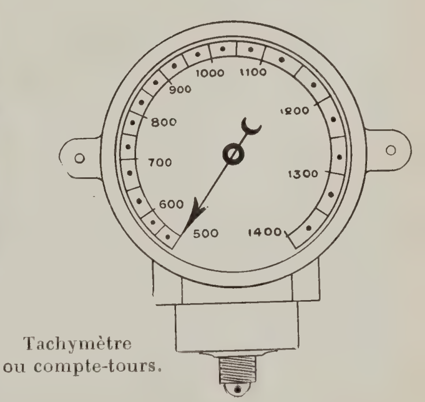
Indicateur de vitesse « Badin ».



Porte-cate.



Barographe enregistreur.



Tachymètre
ou compte-tours.

des gaz, la manette d'air additionnel, la manette de réchauffage du carburateur (Renault Salmson), les contacts, la magnéto ou le robinet d'air comprimé (Canton-Unné), les volets de réchauffage permettant de régler la température du radiateur (Hispano-Suiza) — qu'on constate au moyen de l'aérothermomètre. Le compte-tours, un indicateur de niveau d'essence et d'huile, une pompe à pression pour l'essence, des viseurs de débit complètent l'agencement du moteur. Sur le *tablier* se trouvent les instruments de bord proprement dit : le porte-carte à rouleaux, la boussole, l'altimètre, le clinomètre ou indicateur de pente, la montre, l'indicateur de vitesse (*Etévé* ou *Badin*). Au cou, le pilote porte le barographe enregistreur; devant lui, il y a le transmetteur d'ordres à rouleaux, comme dans la marine; la nuit, il doit manœuvrer des projecteurs et différents feux de bord, ainsi que les commandes de dynamo (généralement entraînée par hélice séparée ou par le moteur lui-même); enfin, il a souvent à se servir d'une mitrailleuse tirant à travers l'hélice.

Le passager, lui, a le maniement de la carte, du transmetteur d'ordres et des différents organes afférents à sa mission :

Télégraphie. — Coupe antenne, rouet, coupe-circuit, contact et manipulateur.

Bombardement. — Bombes, viseur, chronomètre.

Chasse. — Mitrailleuse et munitions.

Liaison. — Fusées, cartes, appareils photographiques, etc.

Comme on voit, un avion est extrêmement encombré et son maniement est fort compliqué. Le pilote n'a pas qu'à aviser aux ruptures d'équilibre, à effectuer les manœuvres de montée, de vol et d'atterrissage, il lui faut aussi, et en même temps, surveiller son moteur, le soigner, l'écouter, tout en vérifiant l'approvisionnement, s'orienter, garder la bonne route, faire le point et observer, en outre, tous les détails de la mission, but du voyage, qui prime tout.

On voit immédiatement la nécessité pour tous ceux qui veulent faire partie du « personnel naviguant » de posséder une solide instruction technique et pratique portant sur les différentes matières que nous passons en revue dans l'annexe II-2.

CHAPITRE X

CHÂSSIS PORTEUR

57. — Trains de roulement.

Comme c'est le déplacement même de l'aéroplane qui produit la sustentation, il faut, pour l'envol, pouvoir acquérir sur le sol la vitesse minima de vol. Pour cela, l'appareil repose sur un châssis muni de roues. Sous la traction de l'hélice, il peut donc rouler jusqu'à ce qu'il ait acquis une vitesse suffisante pour assurer la sustentation.

De même, pour le retour au sol, des organes spéciaux sont nécessaires pour absorber la force vive, amortir les chocs, arrêter l'appareil et éviter les capotages. Cet office est rempli, suivant les cas :

Par les roues de lancement ;

Par des patins.

Les roues employées sont des roues légères, munies de pneumatiques de 650 ; elles sont fixées sous l'appareil par l'intermédiaire d'*amortisseurs* en caoutchouc (sandow) ou quelquefois de ressorts en acier, parfois aussi d'amortisseurs d'autres types (frein oléo-pneumatique par exemple).

Les patins sont recourbés à l'avant pour éviter les capotages. Leur freinage sur le sol est énergique et l'arrêt beaucoup plus rapide qu'au moyen

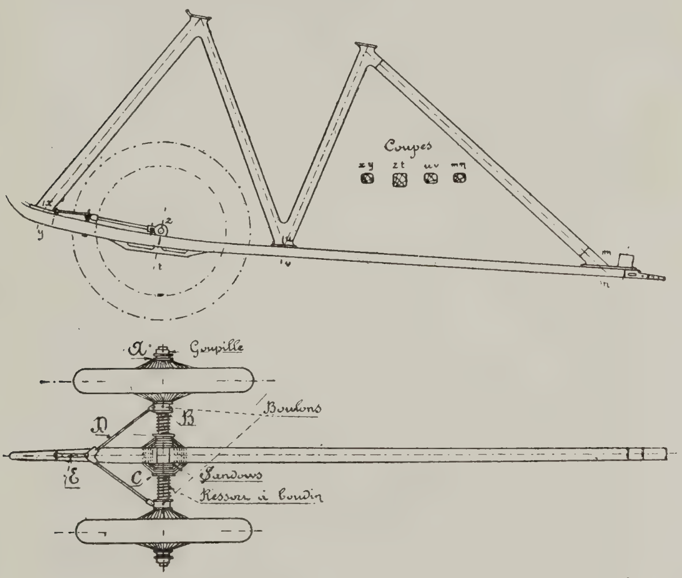


Fig. 56. — Châssis Caudron. — Le train d'atterrissage est constitué de deux N analogues parallèles ce qui fait 4 roues de front ; l'arrière du patin prolongé forme le longeron inférieur de poutre.

des roues ; mais ils ont l'inconvénient d'offrir de la résistance à l'avancement.

Châssis Blériot. — C'est le type des châssis sans patins. Il se compose d'un cadre rigide formé de deux traverses horizontales en bois et de quatre

montants. Le cadre repose, d'autre part, sur le sol par l'intermédiaire de deux roues accouplées parallèlement par une entretoise. Ces roues sont montées au sommet de deux triangles déformables en tubes, dont un côté est constitué par les montants extérieurs du cadre. Sous l'action d'un choc, la roue remonte, repoussant la fourche oblique qui remonte en étendant des sandow placés sur le tube vertical. Ce triangle peut, en outre, tourner autour de son côté fixe vertical, ce qui rend les roues orientables.

Châssis M. Farman. — Il se compose de deux patins

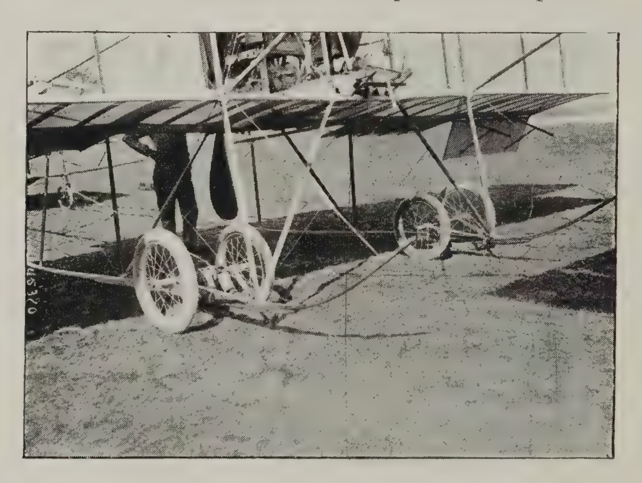


Fig. 57. — Train d'atterrissage Farman (à patins).

fixés au corps de l'appareil par de solides jambes de force (fig. 57). Sur chaque patin est articulée une

paire de roues montées sur un petit essieu réuni au patin par des amortisseurs en caoutchouc. On voit un dispositif tout à fait semblable dans le Caudron (fig. 56).

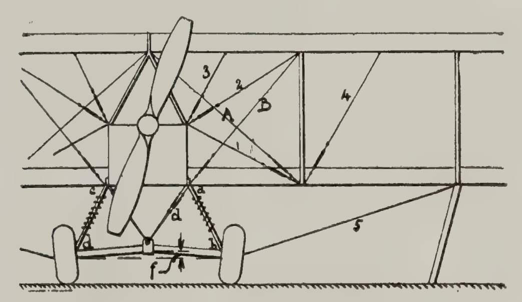


Fig. 58. — Châssis à roues Voisin. Il est constitué par 2 châssis semblables en tandem, l'amortisseur des roues arrière étant constitué par 2 gros ressorts concentriques en acier disposés de chaque côté.

Le Nieuport 1913 possédait un amortisseur transversal à lames. Ce dispositif se retrouve, mais disposé longitudinalement, dans le Voisin M (1915).

Châssis Morane-Saulnier. — Ce châssis (fig. 59) est le type presque généralement adopté actuellement par les constructeurs d'appareils légers et rapides.

Il est en tubes ogives symétriques renforcés suivant le petit axe par un feuillard de 2. A l'avant du châssis se trouvent, dans le même plan, les tubes formant un M entretoisé à la base par deux tubes parallèles entre lesquels se trouvent deux demi-essieux articulés au point central (*essieu brisé*). Ces demi-essieux sont en tubes d'acier et passent

dans une glissière pour porter à l'extérieur de l'M chacun une roue reliée au châssis par un enroulement de caoutchouc.

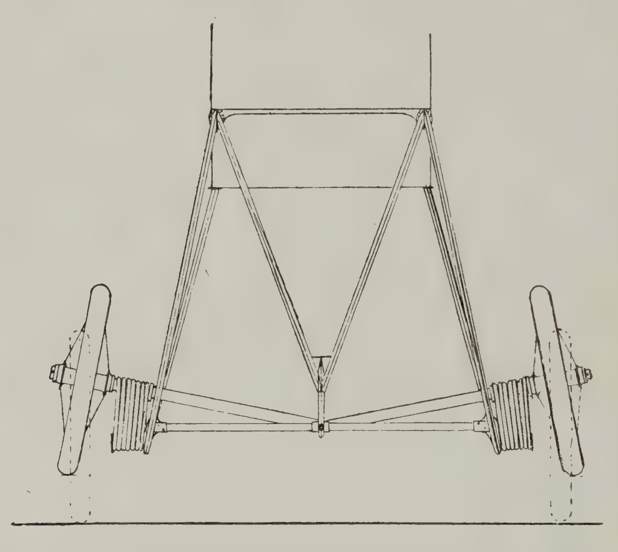


Fig. 59. — Train d'atterrissage Morane-Saulnier vu de face. (Les attaches élastiques sont à l'extension.)

Les deux points extérieurs de l'M sont contrefichés sur le fuselage par deux autres tubes formant avec le plan de l'M un V latéral. Alors que le châssis Voisin (fig. 58) est constitué par deux trains de roues en tandem qui lui donnent une aisance remarquable pour courir sur les terrains accidentés, les trains Nieuport, Spad, etc., dérivent de la dis-

position de deux V latéraux réunis par un essieu fixe.

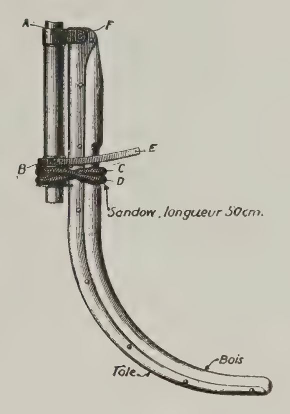


FIG. 60. — Béquille arrière.

A l'arrière, le fuselage ou la poutre de liaison se trouve soutenu par une crosse de bois articulée et freinée par un enroulement de sandow; quelquefois aussi un ressort joue le rôle de béquille (fig. 43). On doit éviter de toucher le sol avec la béquille en premier — tout au moins quand l'appareil est à l'allure de grande vitesse — à cause des violents efforts de flexion développés dans le fuselage.

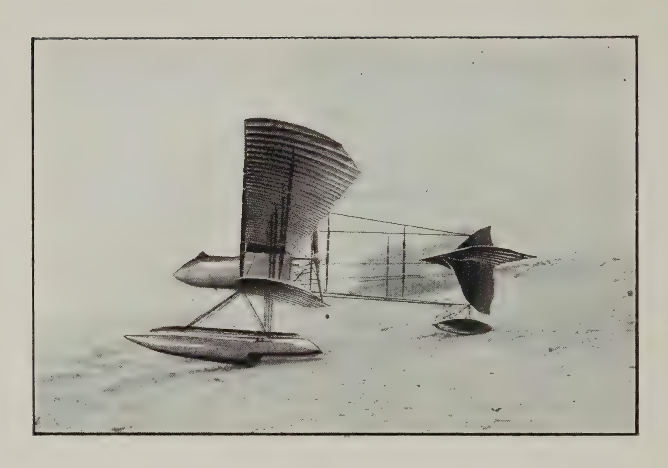


Fig. 61. — Hydroaéroplane à flotteurs en catamaran.



Fig. 62. — Hydravion à coque.

CHAPITRE XI

APPAREILS MARINS

58. — Hydravions.

Nous avons vu que, parmi d'autres rôles, les roues du train d'atterrissage avaient pour but de permettre à l'aéroplane d'acquérir sur le sol une vitesse suffisante pour se soutenir. Le même résultat peut être obtenu par un déplacement rapide à la surface de l'eau, l'appareil étant soutenu par des flotteurs.

On appelle *hydravion* un aéroplane qui peut s'élever de l'eau dans ces conditions.

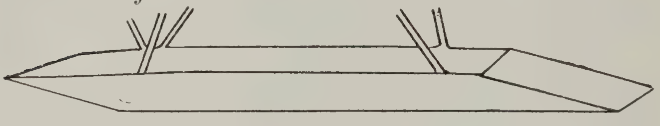
On peut ranger ces appareils dans deux catégories principales :

les appareils à *flotteurs* qui sont des aéroplanes ordinaires, dans lesquels le châssis d'atterrissage à roues a été remplacé par un châssis renforcé muni de flotteurs (fig. 61) ;

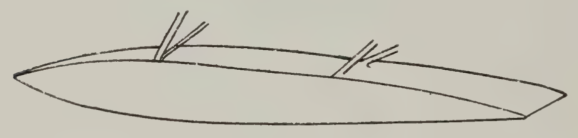
les appareils à *coque-fuselage*, qui ne sont autre chose que l'accouplement d'une cellule d'aéroplane et d'une coque de canot rapide (fig. 62).

Les flotteurs affectent sous l'appareil trois dispositions principales (1) :

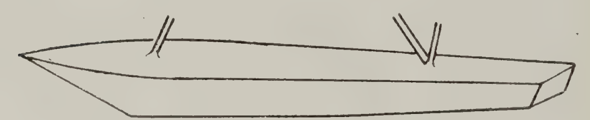
Trois *flotteurs écartés* ;



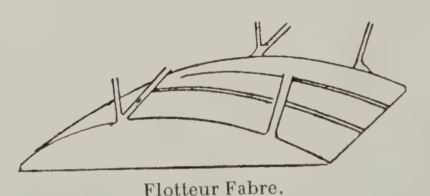
Flotteur Sanchez-Besa.



Flotteur H. Farman.



Flotteur M. Farman.



Flotteur Fabre.

Fig. 63-64. — Différents types de flotteurs.

Deux *flotteurs allongés*, assez rapprochés, placés parallèlement sous le corps de l'appareil ;

(1) *L'Essor, l'atterrissage et l'amerrissage*, par Maurice Percheron (Dunod et Pinat, éditeurs).

Un seul *flotteur central* et deux petits flotteurs latéraux pour assurer l'équilibre.

Tous ces flotteurs affectent des formes variées. Les types les plus remarquables sont représentés dans les planches de la figure 63-64. La forme allongée en barque est la plus fréquente.

Ils sont le plus souvent munis d'un redan de dé-

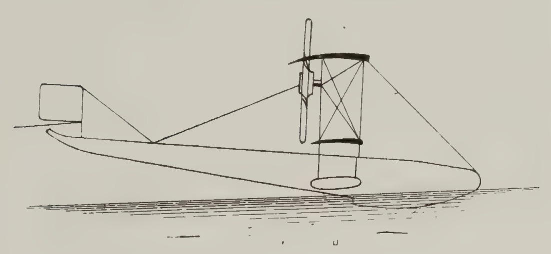


Fig. 65. — Schéma de coque-fuselage à redan.

crochement du fond (fig. 65) qui permet de localiser nettement le dernier point de contact du système flotteur avec l'eau et d'avoir toujours un envol identique et automatique. Ces flotteurs sont creux et étanches. Ils sont compartimentés pour éviter de se remplir entièrement d'eau en cas de crevaison.

Les appareils à flotteurs sont fréquemment désignés sous le nom d'*hydroaéroplanes* (1).

Les hydravions proprement dits (*flying boat*) sont constitués par une longue coque servant à la fois

(1) Cette disposition est dite aussi en *catamaran*, nom tiré d'un radeau de pêche des Indes Occidentales, fait de troncs de cocotiers taillés en pointe et liés ensemble.

de système flottant et de fuselage, au-dessus de laquelle sont fixés tous les organes : voilures, moteur, empennage (fig. 65).

Cette coque est en contreplaqué et triple bordé comme celle d'un canot automobile. Y trouvent place les passagers, réservoirs d'essence, charge utile. Le moteur est surélevé tant pour remonter le centre de gravité que pour soustraire le propulseur à l'action brisante des paquets d'eau. Un ou deux redans servent à centrer l'appareil à l'essor.

Flotteurs auxiliaires. — Ce sont de petits flotteurs placés sous la queue pour la soutenir au re-




Fig. 66. — Types de flotteurs auxiliaires.

pos (appareils à flotteurs) ou aux extrémités de l'envergure (appareils à coque) pour empêcher les ailes de tremper dans l'eau, lors d'un coup de roulis ou même au repos (fig. 66).

Ils affectent généralement la forme de bons projectiles et sont construits ou en bois ou en tôle d'acier.

CHAPITRE XII

PROPULSEURS

59. — Hélice, définition et caractéristiques.

L'*hélice* est un organe qui transforme, en prenant appui sur le milieu aérien, le mouvement de rotation de l'arbre du moteur en une traction suivant l'axe de l'appareil.

Elle est, en général, constituée essentiellement par deux pales (fig. 67) qui attaquent l'air avec une certaine inclinaison.

L'hélice progresse dans l'air à la façon d'une vis dans le bois. Mais l'air, étant élastique, fuit légèrement sous l'action de l'hélice, qui n'avance pas autant que si elle progressait dans un milieu solide. Ce phénomène s'appelle le *recul*.

On appelle *pas* d'une hélice la distance dont elle avancerait pendant un tour complet si elle se vissait dans un milieu solide.

Le *recul absolu* est la différence entre le pas de l'hélice et la quantité dont elle avance réellement pendant un tour.

L'air, fuyant sous l'attaque de chaque élément de

pale, a donc une certaine incidence sur les filets d'air. C'est pourquoi on l'assimile à une aile d'aéroplane se déplaçant circulairement et soumise à une poussée du dessous vers le dessus de la pale

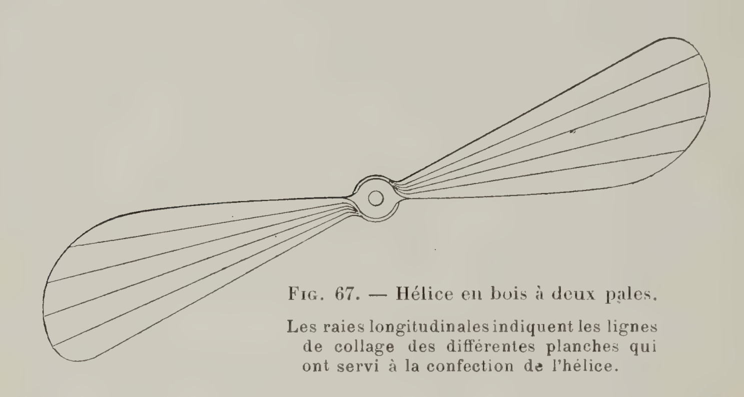


Fig. 67. — Hélice en bois à deux pales.

Les raies longitudinales indiquent les lignes de collage des différentes planches qui ont servi à la confection de l'hélice.

se traduisant, pour l'avion, par une traction d'arrière en avant.

Le *rendement* est le rapport entre le travail fourni par le moteur et celui restitué par l'hélice. Il dépend de la construction de l'hélice et de l'adaptation à l'appareil. Il faut, en effet, que le pas moyen soit en rapport avec la vitesse de l'avion : ce qui fait que différentes hélices également bien construites, mais de pas différents, ne conviendront pas également à un aéroplane donné. C'est le *rendement d'utilisation* qui est le seul qu'il faille considérer.

Diamètre, nombre de tours. — Quand l'hélice est montée en prise directe, c'est-à-dire fixée sur

l'arbre du moteur, elle doit tourner au nombre de tours du moteur, qui varie généralement entre 900 et 1.600 tours par minute.

Quand le moteur tourne très vite, on peut aussi la faire tourner à une vitesse moindre, en la commandant au moyen de pignons démultiplicateurs.

Les chaînes sont très rarement utilisées. Une solution de démultiplication simple a été inaugurée par la maison « Renault », et nombre de constructeurs l'ont d'ailleurs suivie dans cette voie : le moyeu d'hélice, au lieu d'être monté sur l'arbre principal du moteur, est calé sur l'arbre à cames qui tourne à demi-vitesse. Quand les hélices sont ainsi démultipliées, on leur donne un plus grand diamètre. Le rendement est dans la pratique un peu meilleur dans ces conditions, mais on peut avoir des pertes de puissance par transmission.

On pourra donc employer soit de grandes hélices lentes, soit de petites hélices rapides. En ceci, on est généralement guidé par la place dont on dispose et l'endroit où l'on veut placer l'hélice.

Dans les bimoteurs actuels chaque moteur commande son propulseur.

Nombre de pales. — Il est habituellement de deux. Cependant on a fait des essais intéressants de propulseurs à trois et surtout à quatre pales, la traction dépendant de la surface d'appui. Mais les difficultés de construction augmentent. En outre, chaque pale agissant dans les remous produits par la précédente, le nombre des pales et la vitesse de rotation ont certaines limites.

Les pales ont un profil de section analogue à celui des ailes d'avion.

Une hélice qui, vue de l'avant, progresse en tour-

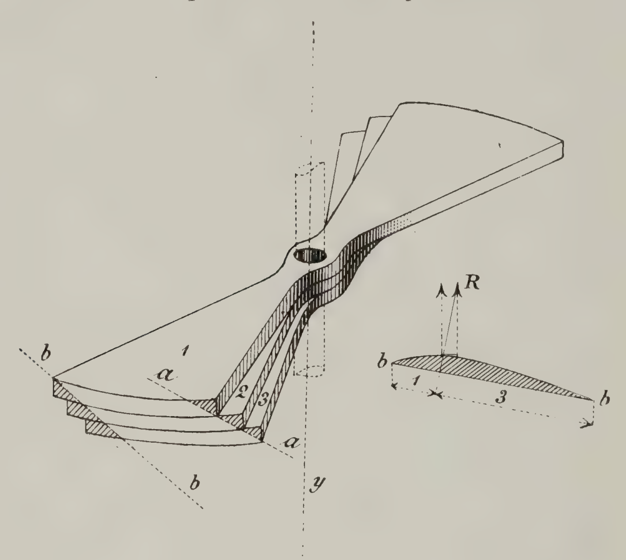


Fig. 68. — Construction d'une hélice en bois par collage de planches superposées. Les parties hachurées seront enlevées au cours de la construction, car l'hélice doit avoir la section figurée à côté. On voit, sur cette section, la direction R de la résistance de l'air et ses deux composantes : traînée et poussée.

nant dans le sens des aiguilles d'une montre, est une hélice « dextrorsum » ou avec *pas à droite*. En sens inverse, c'est une hélice « sinistrorsum » ou avec *pas à gauche*. L'hélice placée en avant des ailes est

appelée *hélice tractive :* placée en arrière, elle est appelée *propulsive*. Ces appellations sont purement arbitraires et ne correspondent à aucune modification dans le fonctionnement de l'hélice. En général, vue de l'arrière de l'appareil, l'hélice tourne dans le sens des aiguilles d'une montre.

60. — Construction des hélices.

On a fait, autrefois, des hélices métalliques ; elles sont d'une construction facile et économique, mais elles ont l'inconvénient d'être trop flexibles et de vibrer, ce qui provoque une cristallisation moléculaire du métal, pouvant amener des ruptures. De plus, les débris sont de dangereux projectiles. Aussi, actuellement, toutes les hélices sont-elles en bois. Le bois généralement employé est le noyer collé en planches superposées (fig. 68). On peut ainsi n'employer que des planches parfaitement saines, et l'on a une grande garantie de solidité. Le bois ainsi collé est façonné à la gouge, puis à la plane, enfin poncé.

L'hélice est ensuite équilibrée, pour que ses pales aient *rigoureusement* le même poids et vérifiée afin que chaque pale fournisse le même effort. L'hélice est enfin vernie au tampon et équilibrée une dernière fois. Certains constructeurs entourent l'extrémité des pales avec une bande de toile collée pour les consolider. Les hélices marines sont garnies de laiton à l'extrémité de leurs pales pour éviter les ébréchures causées par les chocs de l'eau.

CHAPITRE XIII

MOTEURS

61. — Principe des moteurs à explosion.

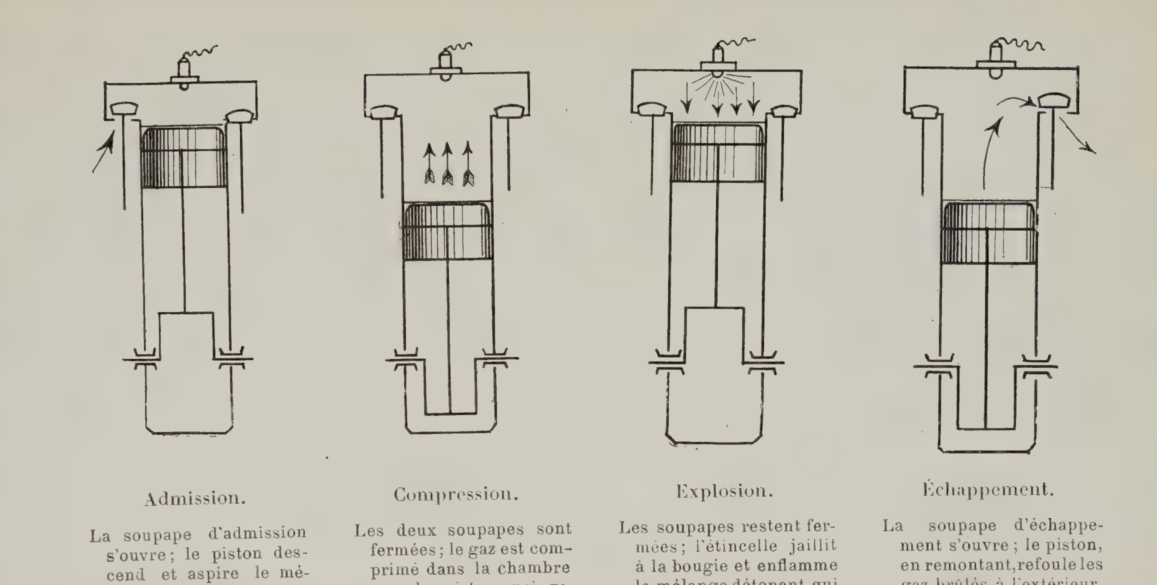
Les moteurs d'aviation sont des *moteurs à explosion*, comme les moteurs d'automobile dont ils dérivent.

Le principe de ces moteurs consiste à utiliser l'énergie produite par l'explosion d'un mélange comprimé d'air et de vapeurs d'essence de pétrole. Le mélange gazeux, comprimé par un piston dans une chambre d'explosion, est enflammé par une étincelle électrique ; il explose et repousse le piston, dont le mouvement est transmis, par un système articulé, à un arbre tournant sur lequel on recueillera la puissance fournie par le moteur. Il est nécessaire que le mélange de gaz soit comprimé, sans quoi il brûle simplement en fusant et sa force d'expansion est beaucoup moindre.

Le combustible utilisé est de l'*essence de pétrole*.

Un tel moteur comprend essentiellement :

1° Une *chambre d'explosion* dans laquelle se meut un *piston ;*



Admission.

La soupape d'admission s'ouvre; le piston descend et aspire le mélange détonant qui va remplir le cylindre.

Compression.

Les deux soupapes sont fermées; le gaz est comprimé dans la chambre par le piston qui remonte.

Explosion.

Les soupapes restent fermées; l'étincelle jaillit à la bougie et enflamme le mélange détonant qui chasse violemment le piston : c'est le *temps moteur*.

Échappement.

La soupape d'échappement s'ouvre; le piston, en remontant, refoule les gaz brûlés à l'extérieur.

Fig. 69. — Schéma du fonctionnement d'un moteur a explosion a quatre temps.

2° Un arbre coudé et une *bielle articulée* qui transforment le mouvement rectiligne du piston en mouvement circulaire de l'arbre ;

3° Un dispositif de *distribution*, réglant l'entrée et la sortie des gaz dans le *cylindre ;*

4° Un *carburateur* producteur du mélange gazeux ;

5° Un dispositif d'*allumage* électrique, servant à provoquer l'explosion ;

6° Un organe de régulation, volant, hélice ou autre ;

7° Un dispositif de *refroidissement* de la chambre d'explosion ;

8° Un dispositif de *graissage.*

62. — Cycle à quatre temps.

On appelle *cycle* l'ensemble des opérations qui se succèdent dans la chambre d'explosion, depuis l'entrée du mélange frais d'air et de vapeur de pétrole, jusqu'à l'expulsion des gaz brûlés.

Le cycle des moteurs actuels comprend quatre phases, d'où son nom de *cycle à quatre temps.* Chaque temps correspond à une allée ou une venue du piston (*course* du piston) (fig. 69).

1er *temps : aspiration.* — Le piston s'éloigne du fond du cylindre aspirant derrière lui le mélange gazeux qui arrive par des orifices découverts à ce moment précis.

2e *temps : compression.* — Le piston étant arrivé à l'extrémité inférieure de sa course, l'arrivée de

gaz frais se ferme, et le piston revient vers le fond du cylindre, comprimant dans la chambre d'explosion le volume de gaz isolé.

3e temps : explosion. — Les gaz étant comprimés et le piston au bout de sa course supérieure, l'étincelle jaillit, faisant exploser le mélange qui repousse le piston. (Ce temps s'appelle *temps moteur*, par opposition aux autres appelés *temps résistants.*)

4e temps : échappement. — Le piston, en vertu de la vitesse acquise, remonte et chasse les gaz brûlés par des orifices s'ouvrant à ce moment.

A ce moment, les choses sont revenues au même point qu'au commencement du premier temps, et le cycle recommence.

Avance à l'allumage, avance à l'échappement. — On a trouvé que si l'on fait éclater l'étincelle *un peu avant* que le piston ne soit au bout de sa course vers le fond du cylindre, le travail fourni par l'explosion se trouve augmenté, le temps pour enflammer la masse n'étant pas négligeable; de même si l'on ouvre l'orifice d'échappement des gaz brûlés un peu avant que le piston ne soit à fond de course ce qui évite les contre-pressions. C'est ce qu'on appelle *l'avance à l'allumage* et *l'avance à l'échappement.*

Mise en marche. — Pour que le cycle puisse se produire, il faut qu'un mouvement préalable ait été imprimé aux organes du moteur pour accomplir les deux premiers temps et produire l'étincelle pour l'explosion. Ce mouvement, donné à la main au moyen d'une manivelle qui s'embraye sur

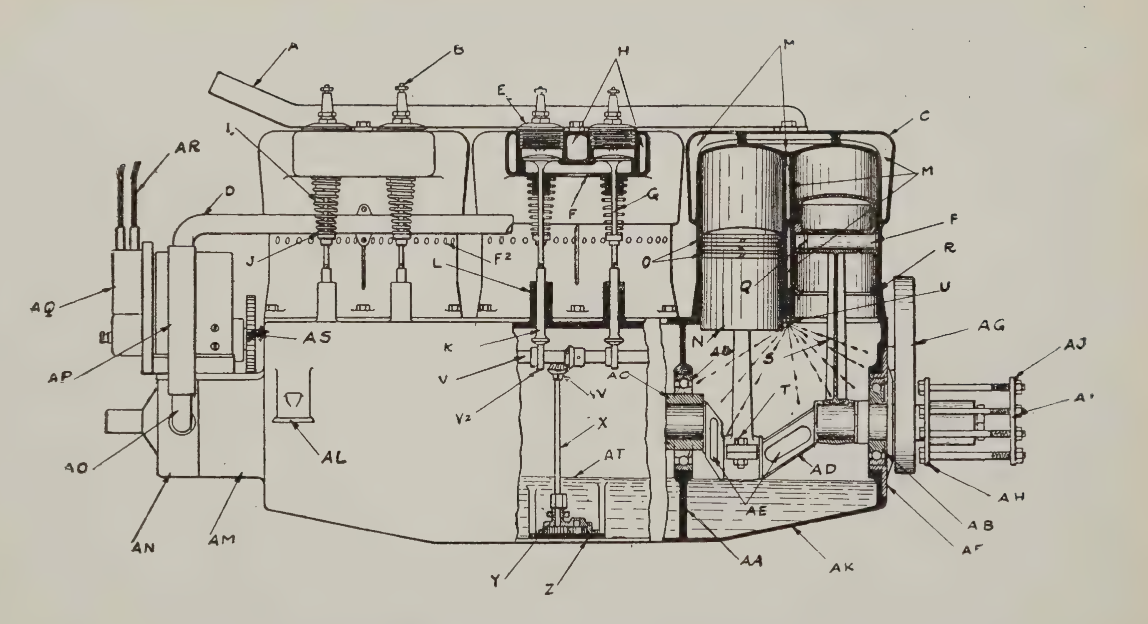


Fig. 70. — Coupe d'un moteur six cylindres à quatre temps.

A **Tube de** sortie de l'eau de refroidissement. (**Retour à la** pompe.)
B **Bougie** d'allumage.
C **Cylindre.**
D **Tuyau** de distribution **de** l'eau de refroidissement **aux** cylindres.
E **Bouchon** de soupape.
F **Ouverture** d'échappement.
G **Soupape** d'echappement.
H **Chambre** d'eau de refroidissement des soupapes.
I **Ressort** de soupape d'échappement.
J **Butoir** inférieur d'échappement.
K **Poussoir** de la soupape d'échappement.
L **Guide** du poussoir de la soupape d'échappement.
M **Enveloppe** du cylindre.
N **Piston.**
O **Segments** de piston.
P **Axe** de pied de bielle.
Q **Coussinet** de pied de bielle.
S **Bielle.**
T **Axe de** tête de bielle.
U **Tubulure** pour le graissage.
V **Arbre** à cames.
V^2 **Came.**
W Pignon hélicoïdal de commande de la pompe à huile.
X Arbre de commande de la pompe à huile.
Y Pompe à huile à engrenages.
Z Plaque de fixation de la pompe à huile.
AA Support de roulement à billes.
AB Roulements à billes.
AD Vilebrequin.
AE Evidements du bras de manivelle de vilebrequin.
AF Disque du vilebrequin.
AG Carter supérieur.
AH Moyeu de l'hélice.
AI Plaque de fixation de l'hélice.
AJ Boulons.
AK Carter inférieur.
AL Support du moteur.
AM Carter de l'engrenage de la manivelle et support de la magnéto.
AN Pompe à eau.
AO Tuyau d'eau de refroidissement (départ).
AP Raccord de tuyaux d'eau.
AQ Magnéto
AR Fils de la magnéto.
AS Engrenage de commande de la magnéto.
AT Niveau de l'huile.

l'arbre du moteur, constitue la *mise en marche.*

Le cycle à quatre temps est pratiquement le seul employé dans les moteurs d'automobile et d'aviation. Il existe cependant des moteurs à explosion qui utilisent un cycle à deux temps. Les quatre phases décrites ci-dessus se produisent pendant une seule allée et venue du piston.

63. — **Chambre d'explosion** (1).

On appelle :

Cylindre, l'ensemble de la chambre dans laquelle se fait l'explosion et de l'organe guide du piston pendant sa course. Le cylindre est en acier (chemisé de fonte ou non), en fonte ou même en aluminium.

Piston, le fond mobile qui se déplace dans le cylindre, et sur lequel agit directement la poussée des gaz fournis par l'explosion. (En acier, fonte ou aluminium.)

Alésage, le diamètre intérieur du cylindre.

Course, la distance parcourue par le piston dans le cylindre.

Cylindrée, le volume décrit par le piston dans une course ; autrement dit, le volume de gaz aspiré.

Culasse, le fond fixe du cylindre (*amovible ou non*).

Segments, des anneaux brisés élastiques, en fonte, logés dans des rainures du piston, et qui, s'appli-

(1) Pour toutes les définitions, voir figure 70.

quant contre les parois du cylindre, empêchent les gaz de fuir autour du piston.

Ouvertures d'admission, les orifices par où pénètre le gaz carburé (gaz frais) dans le cylindre.

Ouvertures d'échappement : celles qui servent à la sortie des gaz brûlés.

Soupapes, les clapets (*en acier*) fermant les ouvertures d'admission et d'échappement.

64. — Arbre et organes de transmission.

On appelle :

Vilebrequin, l'arbre coudé du moteur (en acier spécial très dur).

Maneton, la partie coudée du vilebrequin.

Bielle, une tige (en acier) articulée sur le piston et sur le maneton du vilebrequin, et qui transmet à ce dernier l'effort reçu par le piston.

La bielle et le maneton constituent le système de leviers articulés qui transforment le mouvement rectiligne alternatif du piston en mouvement circulaire continu du vilebrequin.

L'extrémité de la bielle articulée sur le vilebrequin est la *tête de bielle*, celle articulée sur le piston est le *pied de bielle*.

L'usure des pièces en frottement est évitée, à chaque extrémité, par l'interposition d'un cylindre en métal tendre (bronze ou antifriction) appelé *coussinet*, intercalé entre les pièces en frottement, et qui, étant beaucoup plus tendre, supporte l'usure et est facilement remplaçable.

Quand l'usure est trop grande, il faut y remédier, sinon le moteur « cogne ».

65. — Dispositif de distribution.

Les soupapes reposent sur les bords des ouvertures d'admission et d'échappement. Ces bords, taillés en biseau pour mieux assurer l'étanchéité de la fermeture, s'appellent les *sièges*. Les soupapes sont maintenues sur leur siège par des ressorts (fig. 71).

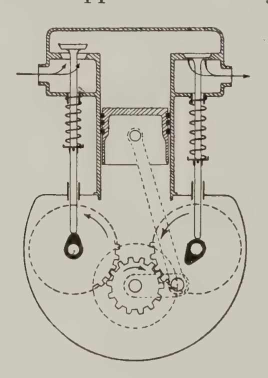


Fig. 71. — Distribution.

Les soupapes d'admission sont dites *automatiques* quand elles s'ouvrent simplement sous l'effet de la dépression produite dans le cylindre par la descente du piston. Elles sont *commandées* si leur ouverture est produite par un système mécanique.

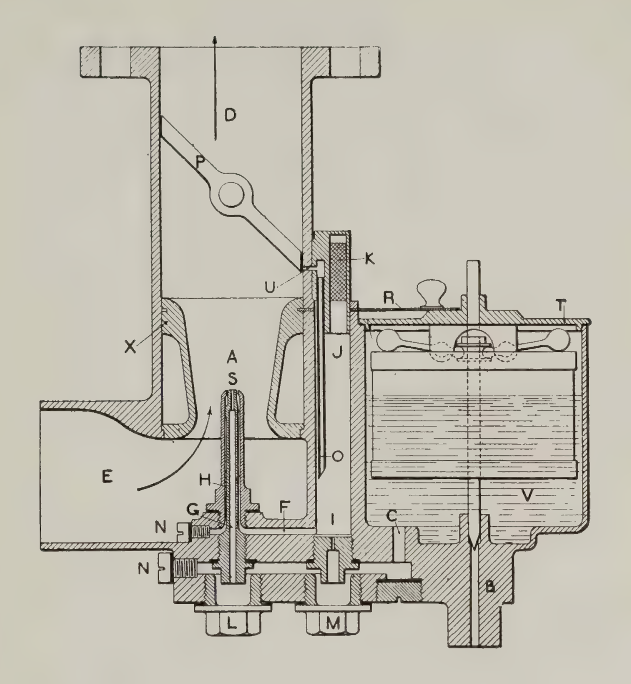


Fig. 72. — Carburateur « Zénith ».

A, étranglement des gaz (diffuseur) ; — C, conduit amenant l'essence aux gicleurs ; — D, tuyau d'admission au moteur ; — F, conduit amenant l'essence du puitsj usqu'au gicleur annulaire H ; — G, gicleur principal ; — H, conduit annulaire de l'essence aspirée dans le puits J ; — I, gicleur compensateur ; — J, puits ou pipe où débite le compensateur I ; — K, crépine de fermeture du puits ; — L, M, bouchons des gicleurs ; — N, N, vis d'usinage ; — O, tube du ralenti; — U, orifice du giclage de l'essence au ralenti ; — R, ressort de fixation du couvercle de niveau constant.

Les soupapes d'échappement sont toujours *commandées*.

On appelle *arbre à cames* un arbre cylindrique parallèle à l'axe du vilebrequin, et qui commande la levée des soupapes. Cet arbre, entraîné par engrenages à une vitesse moitié de celle du vilebrequin, porte des bosses excentrées appelées *cames*, qui soulèvent, en passant, les queues de soupapes, par l'intermédiaire de tiges appelées *poussoirs*, ou de systèmes de leviers appelés *culbuteurs*.

La boîte renfermant le vilebrequin et les engrenages s'appelle *carter*. Elle est habituellement en alliage d'aluminium. Elle sert de socle au moteur.

66. — Appareil producteur du mélange gazeux.

Cet appareil, appelé *carburateur* (fig. 72), consiste en une boîte métallique, dans laquelle passe l'air aspiré dans le cylindre par le piston en descente. Au centre de la boîte arrive l'essence, par un tube, le *gicleur*, percé d'un très petit trou (125/1000 mm.).

Sous l'effet de la dépression, l'essence jaillit en une gerbe très fine, dont les gouttelettes se mélangent immédiatement à l'air aspiré qui afflue autour du gicleur (vaporisation).

La pression de l'essence au-dessus du gicleur est maintenue constante par un *flotteur* placé, dans une boîte contiguë : la *cuve ;* ce flotteur est guidé par un axe mobile terminé par un *pointeau* qui, selon le niveau du liquide dans la cuve, ferme plus

ou moins l'orifice de départ d'essence au gicleur. On a ainsi un *carburateur à niveau constant*.

67. — Dispositif d'allumage.

Le courant électrique est produit par une *magnéto* (fig. 73). C'est une machine génératrice de

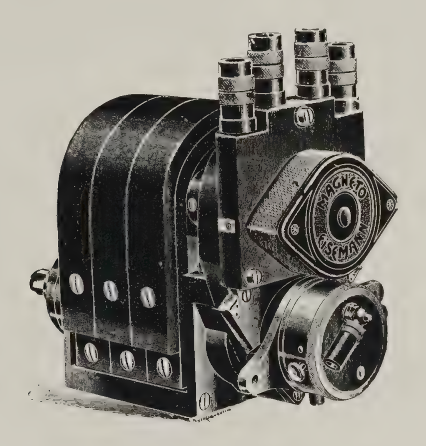


FIG. 73. — Magnéto.

courant électrique constituée par des enroulements de fils qui tournent dans le champ magnétique d'aimants en fer à cheval. La rotation de la magnéto est commandée par l'arbre du moteur, au moyen d'engrenages.

Les fils d'allumage de chaque cylindre aboutissent à un *commutateur* tournant : *le distributeur*

qui lance le courant, au moment convenable, dans chacun des cylindres, les autres restant isolés de la magnéto pendant ce temps.

L'étincelle se produit dans le cylindre, entre deux pointes de platine portées par un support isolant en porcelaine. L'ensemble constitue la *bougie*.

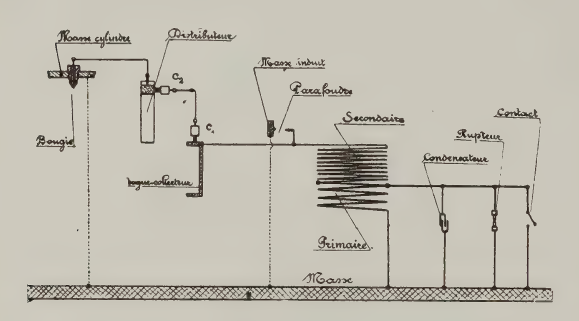


Fig 74. — Schéma de la marche des courants.

La complexité de la magnéto (1) et de son fonctionnement nous empêchent de faire une étude plus complète de l'allumage (fig. 74).

68. — Régularisation du couple moteur. Volant. — Nombre de cylindres.

Irrégularité du couple moteur. — Nous avons vu qu'à chaque cycle, il n'y a pour un cylindre qu'un temps moteur, celui de l'explosion, pour trois temps

(1) Voir la *Magnéto à la portée de tous*, par R. Bardin.

résistants. Le *couple moteur* (1) passe donc par un maximum au temps de l'explosion, pour diminuer aux autres temps où les organes ne font qu'absorber une partie de l'énergie produite au temps moteur pour continuer leur course.

Il s'ensuit que le couple moteur n'a pas une valeur constante, mais éprouve une série de variations périodiques qui se reproduisent à chaque cycle (fig. 75).

Volant. — Pour augmenter la régularité du couple et faciliter au moteur le passage des temps résistants, on dispose sur le vilebrequin une grosse roue pleine, généralement en fonte, appelée *volant*, qui emmagasine de l'énergie au temps moteur, pour la restituer pendant les temps résistants.

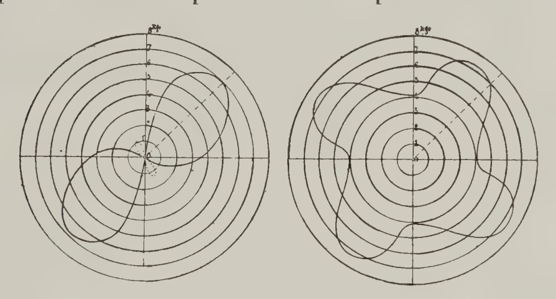


Fig. 75. — Variation du couple moteur d'un 8 cylindres.

Emploi de plusieurs cylindres. — Un autre moyen d'augmenter la régularité du couple consiste à dis-

(1) C'est-à-dire l'effort tangentiel sur le maneton multiplié par le rayon de la manivelle.

poser de plusieurs cylindres agissant sur le même arbre, et réglés de façon à ce que les temps d'explosion de chacun se succèdent à intervalles égaux pendant un cycle complet (deux tours du moteur).

De cette façon, un moteur à quatre cylindres, par exemple, aura une explosion tous les demi-tours, alors qu'un monocylindre n'en aurait qu'une tous les deux tours.

L'emploi de plusieurs cylindres permet de réduire considérablement l'importance du volant. Elle ne permet pas, toutefois, de s'en passer complètement dans les quatre cylindres verticaux d'automobile.

69. — Refroidissement des cylindres.

Circulation d'eau. — Pour éviter un échauffement anormal qui entraînerait le « grippage » des pistons, les cylindres sont entourés extérieurement par une circulation d'eau.

L'eau échauffée va ensuite se refroidir dans un appareil constitué par une série de tubes et appelé *radiateur*, parce qu'il rayonne la chaleur dans l'air ambiant. L'eau ainsi refroidie retourne ensuite aux cylindres, en sorte que c'est toujours la même eau qui sert.

Sa circulation (fig. 76) est assurée par une pompe (*pompe à palettes, centrifuge,* etc.), ou par différence de densité entre l'eau chaude et l'eau froide : *circulation par thermo-siphon.* Dans ce cas l'eau échauffée doit se déplacer *en montant.*

Ainsi que nous le verrons dans les moteurs d'avia-

tion, le refroidissement se fait souvent par l'air par l'intermédiaire d'ailettes rayonnant directement la chaleur des cylindres.

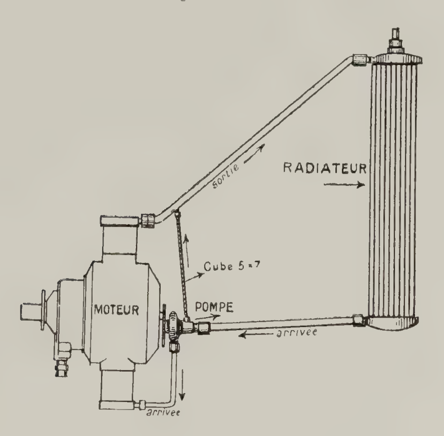


Fig. 76. — Circulation de refroidissement.

70. — Graissage.

Pour que les différents organes puissent glisser les uns par rapport aux autres sans s'échauffer, les parties en frottement doivent être enduites d'un corps gras ou *lubrifiant* constitué habituellement par de l'huile.

C'est de l'*huile minérale* extraite des pétroles qu'on emploie dans les moteurs d'automobile d'aviation fixes, et de l'*huile de ricin*, qui est une huile végétale, dans les moteurs rotatifs.

L'huile peut être simplement placée dans le carter et lancée un peu partout par le mouvement des manetons qui y barbotent à chaque tour. C'est le graissage par *barbotage*. Elle peut être envoyée directement aux points à lubrifier par une pompe : pour cela, sur toute leur longueur, le vilebrequin et les bielles sont percés en leur centre d'un petit canal par où l'huile chemine jusqu'aux coussinets ; c'est le *graissage par pompe* ou *graissage sous pression*, actuellement seul employé. L'huile, en sortant des coussinets, est reprise par la pompe et mise de nouveau en circulation.

71. — Dispositions du moteur d'automobile et procédés d'allégement employés dans les moteurs d'aviation.

Dans les moteurs d'automobile, il y a généralement plusieurs cylindres (de un à six, le plus souvent quatre) placés verticalement en file sur une seule ligne, la culasse en haut et la base reposant sur le carter. Ils sont en fonte et venus de fonderie par blocs de deux, trois ou quatre (monobloc).

Les pistons sont en fonte, les bielles en acier, le carter en aluminium. Le vilebrequin, en acier, a autant de manetons qu'il y a de cylindres. Si le moteur est en V, il y a un maneton pour deux cylindres opposés.

Le refroidissement se fait par eau.

La régularisation du couple moteur est obtenue par un volant.

Le moteur d'automobile ainsi construit pèse environ 7 à 12 kilos au maximum par cheval.

Or, le vol ne devient possible qu'avec des moteurs ne dépassant pas 7 kilos. Mais il est fort précaire et il ne devient réellement praticable qu'avec des moteurs de 3 à 4 kilos par cheval.

La nécessité d'alléger les moteurs d'aviation a conduit à un certain nombre de dispositifs qui leur donnent des aspects variés, souvent fort différents de celui des moteurs d'automobile.

Les principaux moyens d'allégement sont :

La réduction au minimum du poids de toutes les pièces ;

La réduction du nombre d'organes au strict minimum ;

L'emploi de nouvelles dispositions des pièces.

72. — Réduction du poids des pièces.

On réduit le poids des pièces :

1° *En leur donnant des sections dites d'égale résistance*, c'est-à-dire en disposant la matière pour que la résistance soit partout en juste rapport avec l'effort supporté.

2° *En employant des métaux plus résistants ;* en substituant, par exemple, l'acier à la fonte, comme dans les cylindres des rotatifs, afin de pouvoir employer des sections plus faibles.

3° *En employant des métaux plus légers.* (Pistons en aluminium par exemple.)

73. — Suppression d'organes.

1° *Volant.* — En augmentant suffisamment le nombre des cylindres et en les disposant convenablement, on peut, les temps moteurs étant assez nombreux et bien répartis, se passer de volant et utiliser l'hélice comme régulateur.

2° *Eau de refroidissement.* — L'eau de refroidissement et tous les accessoires : double enveloppe des cylindres, tuyauteries, radiateurs, pompes de circulation, constituent une fraction importante du poids du moteur. Aussi a-t-on tenté dans les moteurs de moindre puissance (inférieure à 150 ch.) de supprimer ce poids mort. Le refroidissement s'effectue alors par l'air, agissant directement sur les cylindres qui sont munis d'ailettes pour augmenter la surface de radiation.

Ou bien les cylindres sont fixes et refroidis soit directement par le vent de la marche (Anzani), soit par un courant d'air soufflé par un ventilateur (Renault 130 ch.), ou bien les cylindres eux-mêmes sont en rotation, et leur vitesse circonférencielle assure leur refroidissement (Gnome).

74. — Dispositions nouvelles.

Certaines dispositions des organes permettent une réduction de la dimension, et, par suite, du poids de certains organes. Telles sont les dispositions des cylindres en V, en éventail, en étoile, qui permettent de réduire la longueur du vilebre-

quin et du carter. Avec la disposition en étoile, en particulier, le vilebrequin se réduit à un seul maneton, sur lequel sont montées toutes les bielles. Ce maneton n'a pas besoin d'être renforcé, puisque les explosions sont successives et qu'il n'a jamais à subir à la fois que l'effort de l'une d'elles.

75. — Moteurs à eau à quatre ou six cylindres verticaux.

Ces moteurs ne présentent rien de particulier. Ils sont analogues au moteur d'automobile, avec toutes les pièces allégées au maximum. La compression et la course ont été augmentées. A cette catégorie appartiennent les moteurs « Mercédès », « Benz » et « Daimler » presque exclusivement employés par l'aviation allemande et autrichienne, le moteur français Berliet A. M.

76. — Moteurs en V.

En disposant les cylindres deux par deux sur un même carter, on peut constituer un moteur à huit cylindres, d'encombrement très réduit, dans lequel le volant est supprimé, le carter et le vilebrequin réduits de moitié, ce dernier n'ayant que quatre manetons. La disposition des soupapes sur les cylindres permet de n'employer qu'un seul arbre à cames pour les seize soupapes.

Dans cette catégorie rentrait le moteur « Antoinette », le premier moteur d'aviation ayant marché. Actuellement on peut prendre comme type de

ce dispositif les Moteurs « Renault » (fig. 77), « Hispano Suiza », etc.

Le moteur que nous reproduisons ici est un huit cylindres. Les cylindres sont inclinés à 45°. L'angle entre eux est de 60° si le moteur est à 12 cylindres.

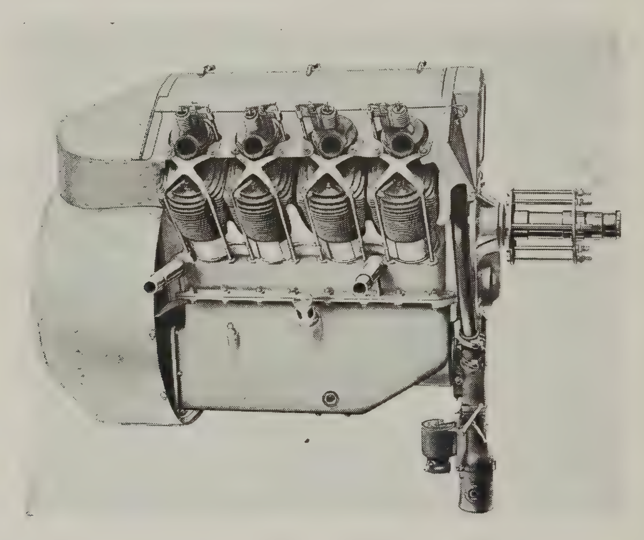


Fig. 77. — Moteur « Renault » en V, à refroidissement par ailettes et ventilateur.

Pour le refroidissement, les cylindres munis d'ailettes sont enfermés dans un capot dans lequel un ventilateur centrifuge refoule de l'air qui sort entre les ailettes en leur enlevant de la chaleur.

Pour permettre l'emploi d'hélices plus lentes, ayant un meilleur rendement, l'arbre à cames est

renforcé et utilisé comme arbre porte-moyeu : c'est sur lui qu'est montée l'hélice. Comme il tourne en sens inverse du vilebrequin et à une vitesse moitié, il en résulte qu'on a une hélice ne tournant qu'à 900 tours et en sens inverse des autres organes du moteur.

Des *butées à billes* aux deux extrémités de l'arbre à cames permettent indifféremment l'emploi d'hélices tractives et d'hélices propulsives. Le graissage se fait par pompe, et le carburateur est muni d'un dispositif de réchauffage réglable avec la température.

Ces moteurs, quoique un peu lourds, sont très robustes. Actuellement et principalement pour les moteurs de grosse puissance on revient au refroidissement par circulation d'eau, les autres dispositions étant conservées (Renault 220 ch.). La distribution se fait par deux arbres à cames, disposés chacun sur une rangée de cylindres et attaquant directement ou par culbuteurs les soupapes.

77. — Moteurs en éventail.

MOTEUR « ANZANI » trois cylindres (fig. 78). — C'est un de ces moteurs qui actionnait le monoplan de Blériot quand il traversa la Manche. Il comprend trois cylindres disposés en éventail dans un même plan et faisant entre eux un angle de 60°, le cylindre du milieu étant vertical. Ces cylindres explosant à des intervalles irréguliers et n'étant qu'au nombre de trois, un volant est né-

cessaire. Il est constitué par deux pièces d'acier de 12 kilos chacune, disposées de part et d'autre du plan médian des cylindres et reliées par un maneton sur lequel viennent s'articuler les trois bielles. Le tout est logé dans un carter d'aluminium. Le vilebrequin est ainsi aussi réduit que possible.

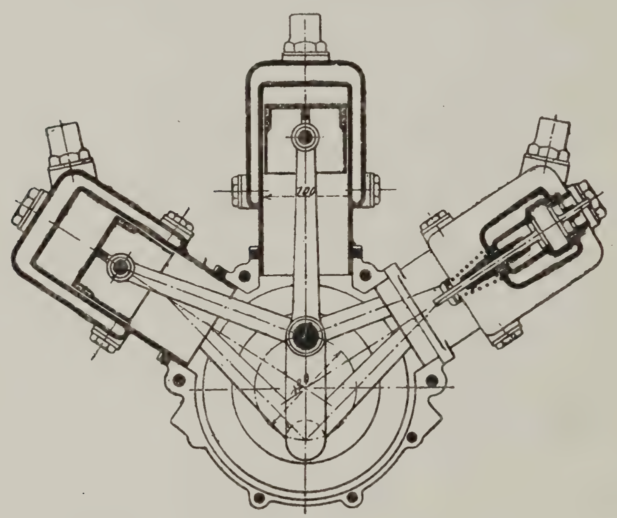


Fig. 78. — Moteur « Anzani », en éventail.

Ce volant est évidé convenablement en certains points et forme contrepoids pour assurer l'équilibrage convenable des masses en mouvement.

Les cylindres sont en fonte et munis d'ailettes; le refroidissement est assuré par le vent de la marche. L'allumage a lieu par magnéto.

Les gaz carburés se rendent, au sortir du carburateur dans un renflement du tube d'alimentation appelé *nourrice*, d'où partent les trois tubes alimentant chacun des cylindres.

La présence de la nourrice régularise l'admission dans les trois cylindres. Des trous placés à la base des cylindres permettent l'échappement.

Le moteur complet pèse 75 kilos en ordre de marche, fait 30 HP à 1.400 tours.

Un autre constructeur spécialiste des moteurs en éventail était M. R. Esnault-Pelterie.

La construction des moteurs en éventail semble actuellement abandonnée; on n'emploie plus ces moteurs que sur les appareils d'école.

78. — Moteurs en étoile.

Moteurs « Anzani » (fig. 79). — La maison Anzani construit également des moteurs en étoile à six ou dix cylindres disposés en étoile double, c'est-à-dire en deux groupes de trois ou cinq cylindres placés l'un derrière l'autre, attelés sur deux coudes du vilebrequin, qui comporte alors deux manetons. Ces moteurs ont l'aspect d'une étoile régulière. L'allumage a lieu par une ou deux magnétos. La disposition des organes est en tout semblable à celle des moteurs 3 cylindres qui ont été plus haut décrits.

Moteurs « Salmson » (*syst. Canton-Unné*) (fig. 80). — Les moteurs Salmson, qui sont très nombreux

dans notre aviation militaire et chez les Alliés, sont des moteurs en étoile *fixes*. Ils présentent de très intéressantes caractéristiques originales. Tout d'abord, leur refroidissement est assuré par



Fig. 79. — Moteurs « Anzani » en étoile.

une circulation d'eau dans des chemises rapportées et soudées sur les cylindres. Cette disposition, qui peut paraître un inconvénient du fait de l'accroissement de poids qu'elle comporte, constitue cependant une amélioration du fait de l'augmentation de puissance et de la diminution de consommation spécifique qui en résulte. Ensuite, et c'est là une des

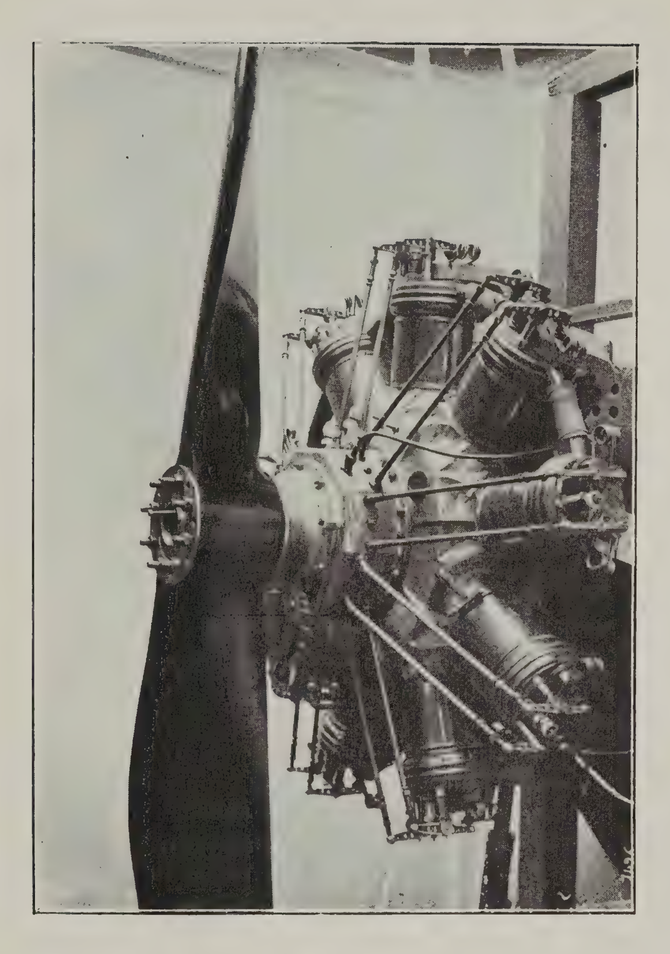


Fig. 80. — Moteur « Salmson ».
(Système Canton-Unné.)

caractéristiques les plus intéressantes de ce moteur, il est monté pour 9 cylindres avec un vilebrequin à un seul maneton, et le schéma de son fonctionnement peut être étudié sur celui d'un rotatif (fig. 82), en supposant simplement les cylindres fixes et l'arbre vilebrequin mobile. Mais les constructeurs ne se sont pas contentés de cette disposition, et pour assurer une parfaite régularité de marche et une égalité rigoureuse dans les efforts résultant des explosions motrices dans chaque cylindre, les sept bielles sont articulées sur un manchon roulant sur le maneton, manchon dont le mouvement est rigoureusement réglé par un train d'engrenages le reliant à l'axe principal du moteur. Ainsi tous les pistons ont des courses semblables et ils supportent tous des réactions d'obliquité égale, ce qui assure un très bon équilibrage. Cependant il convient de noter que, dans le dernier moteur 275 ch., la bielle mère est rétablie : ce qui allège l'engin.

Les pistons du moteur sont en aluminium, les axes secondaires des bielles sont bagués en bronze phosphoreux.

La distribution disposée à l'avant du carter est obtenue par un ensemble de sept cames placées sur sept étages différents et tournant à demi-vitesse du moteur. Une même came commande l'échappement et l'aspiration du cylindre correspondant, par l'intermédiaire de deux culbuteurs à galets.

Les soupapes d'admission et d'échappement au nombre de deux de chaque sorte par cylindre, pour les grosses puissances, sont disposées sur

le fond du cylindre très facilement accessibles.

Pour le graissage, on a fait déborder les cylindres à l'intérieur du carter, de manière à ménager deux espaces annulaires dans lesquels l'huile circule, maintenue en rotation par les parties tournantes

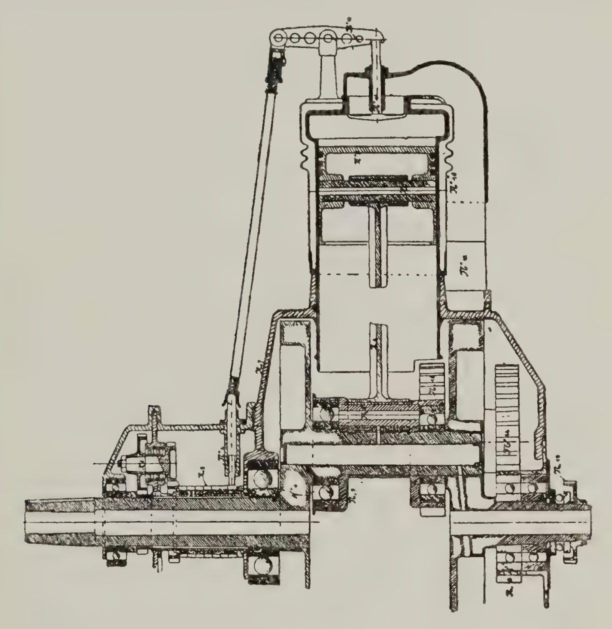


Fig. 81. — Cylindre de moteur « Salmson ».
(Système Canton-Unné.)

du moteur. Deux pompes à pistons sont placées à la partie inférieure du carter : l'une envoie l'huile dans le centre de l'arbre manivelle perforé et de là

dans les organes en mouvement ; l'autre reprend l'huile, la retourne au réservoir et assure un niveau constant de l'huile dans le carter.

Le premier type établi était un 80 HP de 120 $^{m}/^{m}$ d'alésage et de 140 $^{m}/^{m}$ de course; son régime de marche était 1.300 tours par minute ; son poids de 150 kilos et sa consommation moyenne horaire de 21 litres d'essence et de 1 l. 5 d'huile.

Depuis ce premier moteur la maison Salmson a établi toute une gamme complète de puissances : 130, 140, 160, 220 et 275 chevaux (Z9).

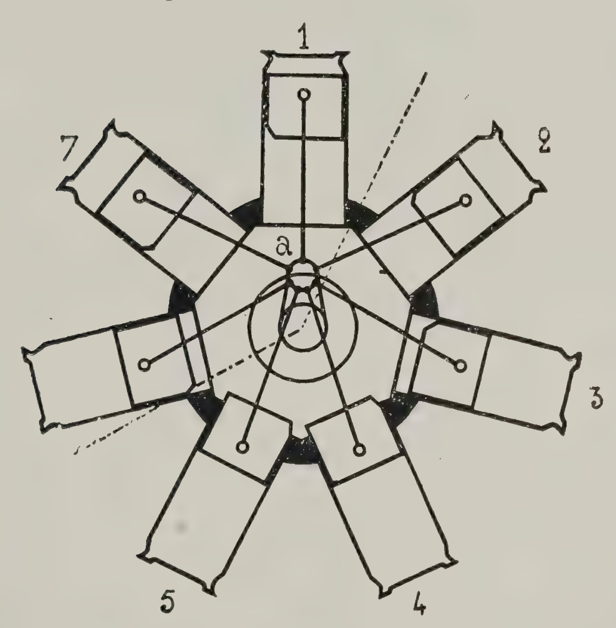
79. — Moteurs rotatifs.

Dans ces moteurs, ce sont les cylindres et le carter qui tournent autour du vilebrequin qui est fixe.

C'est sur le bloc formé par le carter et les cylindres qu'on recueille la puissance. Le fonctionnement du moteur repose sur le décalage de deux mouvements circulaires simultanés ; le carter et les cylindres tournent autour d'un centre (centre géométrique du moteur), pendant que les bielles et les pistons tournent autour d'un centre différent (centre du maneton) (fig. 82). Dans la rotation, les pistons s'approchent et s'éloignent donc alternativement de la circonférence décrite par le fond des cylindres : d'où glissement des pistons dans les cylindres, ce qui permet d'assurer les quatre temps du cycle. Comme à chaque rotation le piston s'éloigne et se rapproche une seule fois du fond du cylindre, il faut deux tours pour effectuer les

quatre temps du cycle; il n'y aura donc, pour chaque cylindre, qu'une explosion tous les deux tours, comme dans n'importe quel moteur fixe.

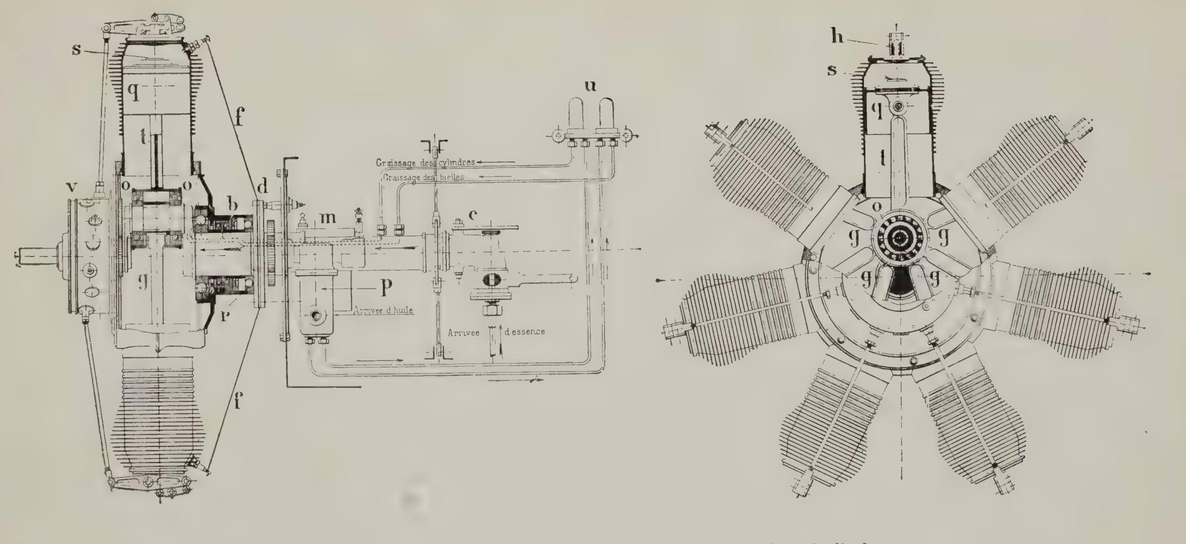
Les avantages du rotatif sont:



Sens de rotation du moteur ⟶ (vu de face).

Fig. 82. — Schéma du fonctionnement d'un moteur rotatif.

La suppression du volant, remplacé par la masse des cylindres qui constitue un volant très puissant : d'où une grande régularité du couple moteur.



b, Boîte de butée.
c. Carburateur.
d. Distributeur rotatif de courant.
ff, Fils d'allumage.
g, Biellettes articulées sur la bielle maîtresse.
h, Soupape automatique d'aspiration.
m. Magnéto.
o, Roulements à billes de la bielle maîtresse.
p, Roulements à billes de l'arbre.
q. Piston.
s, Soupape d'échappement commandée
t, Bielle maîtresse.
u, Contrôleur de graissage (viseurs).
v, Boîte de distribution.
P, Pompe à huile.

Fig. 83. — Coupe et plan du moteur rotatif « Gnome ».

Suppression de l'eau, des chemises, du radiateur, le refroidissement étant parfaitement assuré, même au point fixe, par la rotation des cylindres.

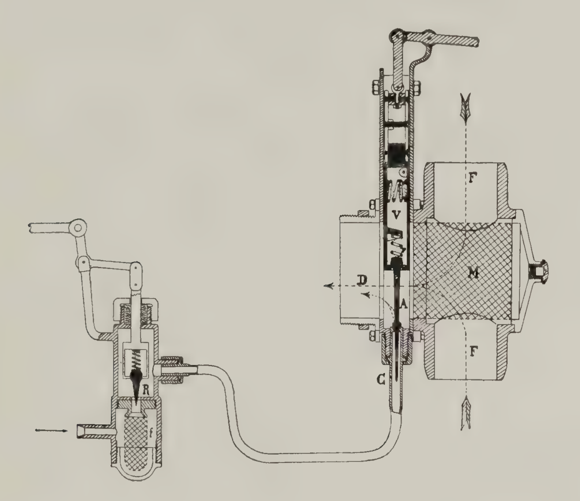


Fig. 84. — Carburateur « Blocktube » système Tampier pour rotatif.

Ce carburateur est à injection directe sans niveau constant. Le débit d'essence est réglé par une aiguille conique R et une autre aiguille A fonctionnant au débit d'air D réglable par le volet à guillotine V. La boîte M est dite « antiflamme ».

Réduction de poids sur le carter et le vilebrequin, résultant de la disposition en étoile.

Bon équilibrage provenant de l'absence de mouvement alternatif. En effet, si paradoxal que cela paraisse, il n'y a que des mouvements circulaires, le mouvement alternatif des pistons n'étant que

relatif aux cylindres. Il y a donc absence totale d'efforts d'inertie.

Les inconvénients du rotatif sont :

Grands efforts centrifuges qui tendent à arracher les cylindres du carter et exigent une construction particulièrement solide et soignée. Ces efforts centrifuges exigent aussi un équilibrage spécial de toutes les pièces, et en particulier des soupapes, dont ils tendent à empêcher le fonctionnement normal.

Toutes ces considérations font du rotatif un moteur délicat.

Il faut ajouter à cela que la rotation du cylindre absorbe une petite partie de la puissance, et que, dans une certaine limite, les rotatifs produisent sur les appareils un effet gyroscopique :

Une masse en rotation rapide constitue ce qu'on appelle un gyroscope. Le gyroscope a la propriété de résister quand on veut changer son plan de rotation. L'orientation qu'il prend est oblique par rapport à celle qu'on voulait lui donner, Il s'ensuit que les aéroplanes munis d'un rotatif vireront facilement d'un côté, l'appareil tendant à descendre, et plus difficilement de l'autre, l'avion ayant une tendance à monter, — tendance qu'il faut enrayer, puisque, comme nous l'avons vu, on doit piquer en virant pour compenser la diminution de sustentation par une augmentation de vitesse.

Moteur Gnome (fig. 83). — L'arbre fixe supporte le carter cylindrique autour duquel rayon-

nent les sept cylindres, par l'intermédiaire de trois roulements à billes.

Les cylindres sont engagés à frottement dur dans le carter. Ils portent, à leur implantation, une rainure circulaire dans laquelle on place un segment d'acier et des clavettes parallèles aux génératrices du cylindre. Ces clavettes disparaissent dans les moteurs dont le carter est en deux parties.

La force centrifuge tend à appliquer le segment sur le carter, et l'assemblage se trouve automatiquement assuré.

Les cylindres et leurs ailettes, en acier au nickel, usinés d'un seul bloc, sont percés, au sommet, d'orifices pour les bougies et les soupapes d'échappement.

Les pistons très peu épais sont en acier. Un *obturateur* en laiton, fonctionnant comme un cuir embouti et maintenu par un petit segment, assure l'étanchéité de la chambre d'explosion.

Six *biellettes* sont articulées sur une septième, dite *bielle maîtresse*, qui est portée elle-même par deux roulements à billes fixés sur le maneton (fig. 82).

L'aspiration se fait par l'intérieur du carter, dans lequel l'air carburé arrive par l'arbre fixe qui est creux (fig. 85). Le carburateur se réduit à un simple gicleur, dont le débit est réglable à la volonté du pilote.

Les soupapes d'aspiration sont placées dans les pistons, perforés en leur centre pour le passage des gaz carburés. Ces soupapes, automatiques, sont équilibrées par des contrepoids, annulant

l'action de la force centrifuge qui tendrait à les soulever constamment de leur siège. Les gaz séjournant dans le carter se réchauffent naturellement.

Les soupapes d'échappement sont actionnées par culbuteurs.

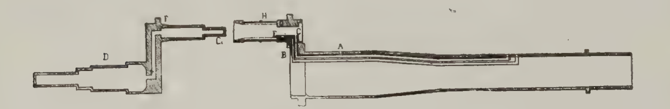


Fig. 85. — Arbre creux d'aspiration des gaz et de circulation d'huile.

Un distributeur à sept plots, tournant avec le moteur et alimenté par une magnéto, fournit le courant, par l'intermédiaire de sept fils, aux bougies. Le courant passe de la magnéto au plot voulu du distributeur rotatif par un *charbon frotteur* fixe.

Le graissage a lieu par pompe, dans des canaux percés dans les différents organes. Il est organisé de façon à être facilité par la force centrifuge. L'huile arrive, par deux canaux percés dans l'arbre creux, aux divers paliers à billes qui supportent le carter et aux paliers de la bielle maîtresse. De là, l'huile, sous l'action de la force centrifuge, chemine d'un côté à travers les bielles et de l'autre suivant des rainures pratiquées sur les flasques. Elle parvient ainsi, par une double circulation, jusqu'aux pistons qu'elle lubrifie intérieurement

et extérieurement. En aucun cas, l'huile ne parvient dans la capacité libre du carter, qui sert de nourrice aux gaz frais.

Grâce au refroidissement, à la nature des parois des cylindres et à l'action de la force centrifuge, la consommation en essence et en huile est relativement assez élevée.

Aussi, pour un vol de longue durée, la provision à emporter fait-elle perdre au rotatif l'avantage de légèreté qu'il possède sur les différents autres types.

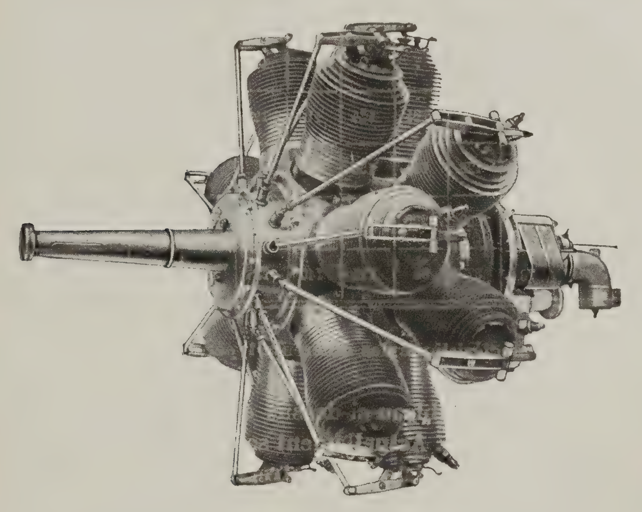


Fig. 86. — Moteur « Gnome » 160 HP.

Certains types sont formés par l'accolement de

deux moteurs ordinaires sur un carter d'épaisseur double, les cylindres étant décalés de 26° (fig. 86).

Les usines Gnome ont établi en 6 ans toute une série de moteurs dont les caractéristiques sont réu-

TYPES	Ω 50	Σ 60	Λ 80	Δ 100	Ω Ω 100	Σ Σ 120	Λ Λ 160	Δ Δ 200	Monosoupapes A	Monosoupapes B
Puissance	50	60	80	100	100	140	160	200	80	100
Cylindres	7	7	7	9	14	14	14	14	7	9
Alésage	110	120	124	124	110	120	124	124	110	110
Course	120	120	140	150	120	120	140	150	150	150
Tours	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
Poids	78	87	94	135	140	135	180	245	»	»

Caractéristique des différents types « Gnome ».

nies dans le tableau ci-dessus et qu'on retrouvera dans les écoles. Actuellement seul le monosoupape à cylindres subsiste en construction.

Moteurs Le Rhone (fig. 87). — Le moteur « Le Rhone », appartenant à la maison Gnome, est un moteur rotatif, constitué exactement comme le Gnome par un nombre impair de cylindres à ailettes rayonnant, disposés en étoile et assemblés

sur un carter central ; cet ensemble tourne autour de l'arbre vilebrequin fixe.

Le moteur fonctionne d'après le cycle à quatre temps et *possède des soupapes d'admission et*

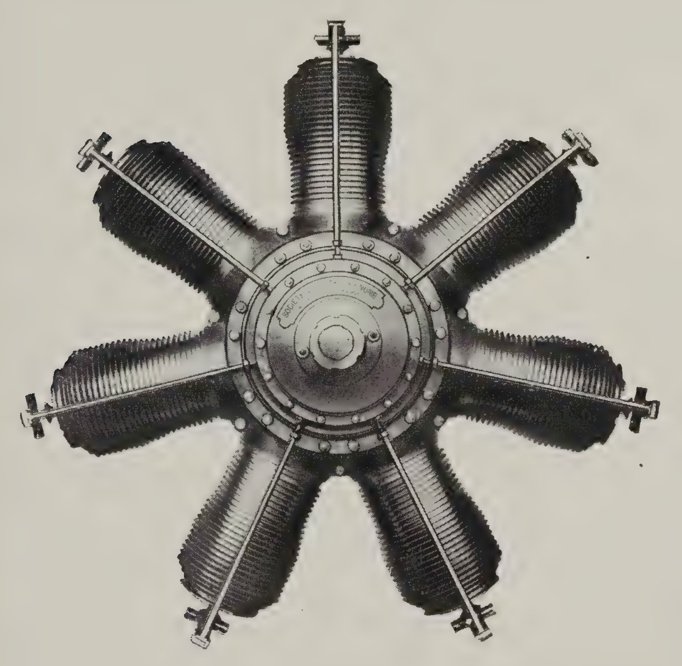


Fig. 87. — Moteur « Le Rhone » 80 chevaux.

d'échappement, toutes commandées mécaniquement.

L'admission se fait sur le dessus des cylindres, les gaz frais arrivant de l'intérieur du carter par des

tuyauteries extérieures. L'alimentation se fait par un *Blocktube Tampier* (fig. 84).

Les deux soupapes de chaque cylindre sont commandées par un culbuteur et une tige *unique* tantôt poussée, tantôt tirée, et actionnée par 2 plateaux à 5 cames (Adm. et Ech.) tournant dans le même sens que le moteur aux 9/10 de sa vitesse.

L'embiellage est constitué par une bielle maîtresse dont la tête formant double coquille porte des rainures concentriques : les têtes des autres biellettes se déplacent dans ces rainures.

Une des particularités des moteurs « Le Rhone » est que leur puissance ne varie que d'après le nombre de cylindres, l'alésage (105 m/m) et la course (140 m/m) étant constantes, de sorte que les organes principaux, *cylindres*, *pistons*, *segments*, *soupapes*, *basculeurs*, etc., sont interchangeables, ce qui facilite beaucoup l'approvisionnement en pièces de rechange.

Les types principaux construits sont :

Le 60 HP.	7 cylindres	. . . .	Poids	80 kil.
Le 80 HP.	9 cylindres	. . . .	—	110 —
Le 120 HP.	14 cylindres	(moteur double).	—	140 —
Le 160 HP.	18 cylindres	—	—	170 —
Le 110 HP.	9 cylindres.	. . . .	. . .	. . .
Le 130 HP.	9 cylindres.	. . . .	. . .	. . .

CHAPITRE XIV

MONTAGE ET RÉGLAGE

80. — Généralités.

Les appareils peuvent être considérés, ainsi que nous l'avons déjà vu, comme appareils à *fuselage* et à *poutres de liaison*. Cette division est particulièrement commode en ce qui concerne le montage et le réglage. Nous y ajouterons la division en appareils à *ailes rapportées* et à *cellule*. Les procédés de montage diffèrent en effet suffisamment pour faire cette distinction.

Presque tous les appareils actuels sont des biplans — à part le Morane-Saulnier — et les généralités que nous allons donner peuvent s'appliquer à tous les avions actuellement en service.

81. — Appareils à ailes rapportées.

Ces avions sont ordinairement à fuselage (Spad, Nieuport) et les ailes se montent directement sur les flancs du fuselage ou d'un plan central sans qu'on ait assemblé deux ailes du même côté pour en faire une cellule.

82. — Fuselage et châssis.

Les organes se montant et se réglant avec les positions relatives bien déterminées, il importe d'avoir une base bien définie par rapport à laquelle on réglera les différents organes. Ce sera le fuselage et le châssis. Ce dernier se monte en enfonçant les

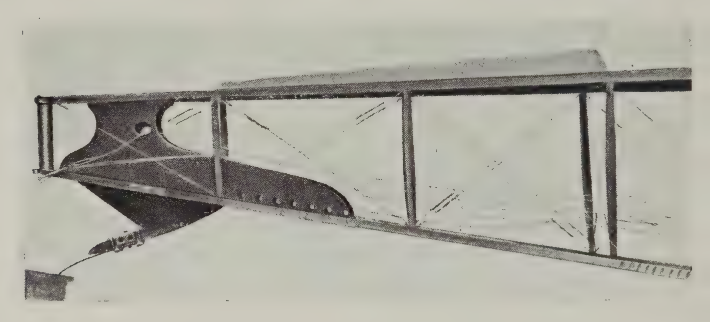


Fig. 88. — Montage de la béquille à l'arrière du fuselage.

différents montants dans leurs godets et en observant la symétrie. Le fuselage doit être bien rectiligne sans inflexion ; lorsque l'arrière s'est relevé par suite d'atterrissages brusques, on le ramène en position par la tension des diagonales des faces latérales : lorsqu'il est tordu sur lui-même, agir sur les diagonales parallèles au plan de rotation de l'hélice. Les déviations de côté se corrigent avec les diagonales horizontales (fig. 88).

83. — Montage des ailes.

L'appareil étant dans son cadre, on démonte les

côtés du cadre d'emballage, de façon à rendre les ailes libres.

On met ensuite l'appareil horizontal dans le sens transversal (fig. 89). Pour cela, on appuie une partie horizontale fixe du châssis d'atterrissage (faux essieu ou traverse) sur un tréteau ou sur des cales, et on surélève l'arrière de l'appareil par un second tréteau, pour rendre le fuselage sensiblement horizontal. Au moyen d'un niveau placé sur une traverse avant de l'appareil, on amène cette traverse à être exactement horizontale en calant convenablement le tréteau. Cette horizontalité servira à apprécier l'alignement des ailes.

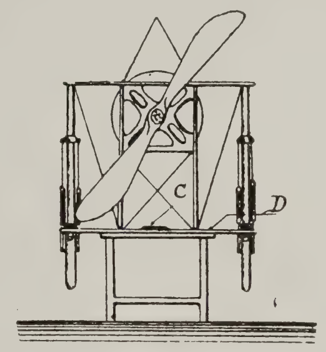


Fig. 89. — Établissement de l'horizontalité transversale.

On monte ensuite une des ailes, l'aile droite inférieure, par exemple. Pour cela un homme monte dans le fuselage, et deux aides soutiennent l'aile à l'aplomb des longerons. Ils engagent les extrémités dépassantes des longerons dans leurs logements, et font reposer l'extrémité de l'aile sur un tréteau, dit *tréteau d'aile* parallèle aux nervures. Les fils de soutien à terre sont alors attachés à leurs tendeurs.

On procède de même pour l'aile gauche inférieure de l'appareil.

On monte les mâts puis les ailes supérieures dont on emmanche les longerons dans le plan central.

Il faut ensuite fixer les haubans de soutien d'aile en vol ; ce sont les plus importants, puisqu'en vol c'est par leur intermédiaire que le poids de l'appareil est soutenu par les ailes.

84. — Réglage transversal des ailes.

Dans certains appareils, les ailes forment un V ouvert vers le haut (Sopwith). Dans ce cas, tous les haubans étant en place, et l'appareil ayant été mis d'aplomb, on se munit d'un niveau et d'une règle de pente donnée (selon le V désiré) : on applique la règle sur l'aile droite inférieure, par exemple, et on règle les tendeurs de ses fils supérieurs jusqu'à ce que l'horizontalité soit indiquée par le niveau (fig. 90). Ceci obtenu, on est certain que l'inclinaison de l'aile est, par exemple, de 5 p. 100 sur l'horizontale. On procède de la même façon pour l'aile gauche.

Il est à noter que l'inclinaison réelle peut varier de 1/2 p. 100 en plus ou en moins de celle que l'on s'était donnée, mais ce qui est important, c'est qu'elle soit *exactement* la même *pour les deux ailes*.

Dans les appareils où les ailes n'ont pas de V, on vérifie l'horizontalité au moyen de grandes règles de 3 mètres de long, posées sur champ perpendiculairement aux nervures. S'assurer dans tous les cas que l'angle des longerons avec le plan vertical du fuselage est bien le même à droite et à gauche.

Dans la pratique, les haubans de soutien d'ailes en vol ne sont pas réglables, afin de pouvoir permettre, à la rigueur, de monter un appareil sans être obligé de prendre toutes les précautions que nous venons d'indiquer; il suffit, dans ce cas, de raidir convenablement les haubans de soutien à terre après avoir fixé les haubans inférieurs, en donnant à ceux-ci une tension moyenne.

C'est ce procédé qui est employé couramment

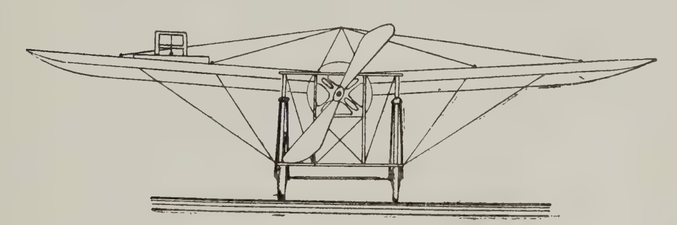


Fig. 90.— Réglage des ailes.

au cours de montage rapide; néanmoins, il est préférable, quand on le peut, de vérifier son appareil comme il a été dit. Si, en procédant ainsi, on s'aperçoit de différences de longueur dans les haubans avant non réglables, c'est-à-dire s'il est impossible d'obtenir l'égalité de pente des ailes, il est indispensable de faire réajuster par un mécanicien les haubans jugés trop longs ou trop courts.

Les haubans arrière se règlent d'après le réglage exécuté à l'avant, c'est-à-dire que l'on commence à régler les premiers haubans posés en mettant les longerons (ou bras) arrière parfaitement parallèles

aux bras avant. Ceci obtenu, les haubans de soutien en l'air sont serrés avec une tension convenable.

85. — Réglage longitudinal.

Pour parer au couple de renversement de l'hélice, on augmente l'incidence de l'aile gauche. Pour

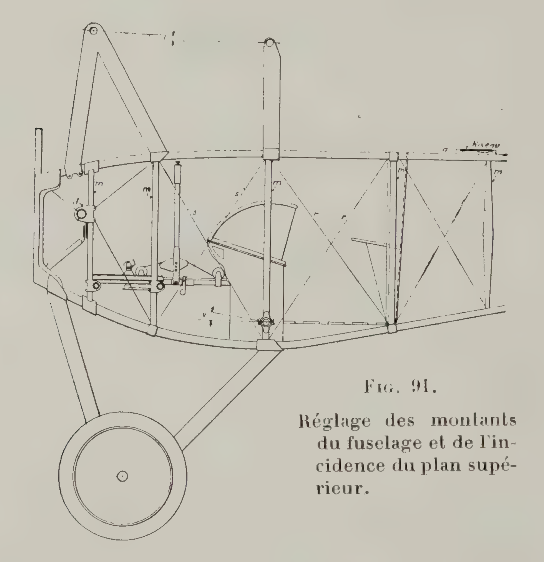


Fig. 91.

Réglage des montants du fuselage et de l'incidence du plan supérieur.

cela, une fois le réglage des ailes complètement terminé, on en vérifie l'incidence tout le long.

Elle est déterminée par l'emmanchement des longerons dans le fuselage, mais elle peut être modifiée à cet endroit en agissant sur les cordes *s* (fig. 91).

86. — Procédés de réglage.

Pour changer l'incidence à l'extrémité qui doit porter le plus, on tend, par exemple, 1 (fig. 92, I)

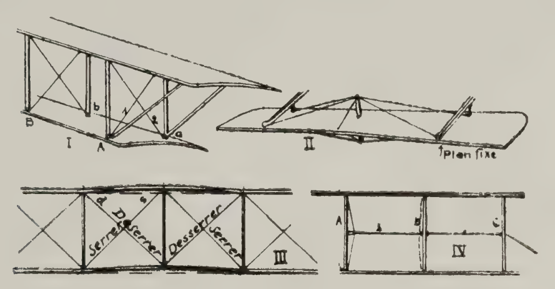


Fig. 92. — Procédés de réglage.

après avoir détendu la diagonale correspondante 2. On retombe ainsi dans le cas d'un système quadrangulaire qu'en cas de déformation vers le haut, par exemple, on redresse en desserrant *d* puis en resserrant *s* ce qui abaisse le montant vertical (appli-

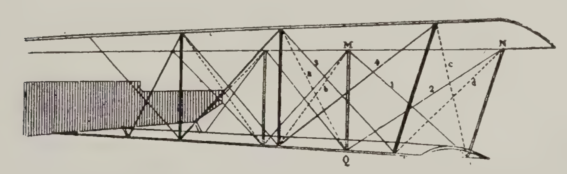


Fig. 93. — Procédé de réglage d'incidence.

cation aux poutres en treillis de fuselage (fig. 92, III).

Dans l'application à une cellule ainsi formée on

ne touche que le moins possible aux croix de Saint-André transversales 1, 2, 3 et 4 (fig. 93).

87. — Ailerons.

Les ailerons se règlent légèrement *porteurs* — quelques millimètres — pour augmenter la puissance de gauchissement et parer quelque peu à l'allongement des câbles de commande (fig. 94).

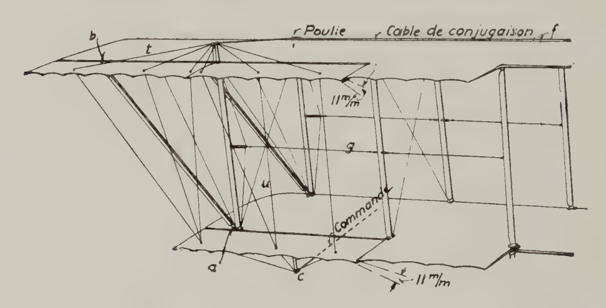


Fig. 94. — Réglage des ailerons.

b, Articulation du tube oblique sur le plan rabattant.
a, Extrémité amovible du tube oblique.
f, Cable de conjugaison, ne doit pas être trop tendu ; à vérifier.
t, Fils raidisseurs des ailerons, à tendre.
u, Patte d'oie de réunion : tendre assez mollement ; tous les fils doivent être également tendus : ils n'ont pas de tendeurs.
r, Corde de sécurité, à laisser un peu molle.

88. — Montage et réglage des surfaces de queue.

Empennage horizontal. — L'empennage (fig. 95) peut se composer de deux sortes de plans : 1° le plan fixe ; 2° le ou les plans mobiles.

Le plan fixe est relié au longeron supérieur du fuselage, à l'avant par des pattes, et à l'arrière

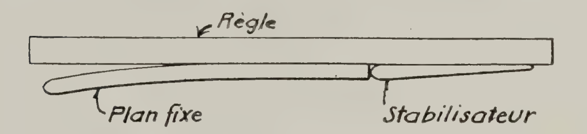


FIG. 95. — Réglage du stabilisateur et des commandes.

par une crémaillère ou des vis réglables. Ce réglage a pour but d'équilibrer l'avion suivant la charge emportée.

Montage du plan fixe. — A priori, régler l'incidence du stabilisateur de manière à avoir une incidence inférieure à celle des ailes. (Nécessité du V longitudinal.)

Il faut ensuite assujettir les tubes de renforcement inférieurs, de façon à ce que le bord d'attaque du stabilisateur soit bien, en tous points, parallèle à celui des ailes dans le sens transversal ; le dégauchir par visée en se mettant derrière l'appareil ; vérifier si le plan fixe est lui-même bien placé et s'il n'est pas gauche en quelque endroit (fig. 92, II).

Montage de l'équilibreur. - Il reste à fixer le ou les plans mobiles ; pour cela, il suffit d'entrer les deux tubes d'articulation dans leurs logements respectifs, en ayant soin, au préalable, de passer au milieu le levier qui les réunit, et d'exécuter le montage de celui-ci. Pour les commandes croisées, on emploie le plus souvent de la corde à

piano. Par mesure de prudence, la liaison du stabilisateur au manche est généralement doublée.

Cette liaison ne présente aucune difficulté; il suffit de réunir convenablement les tendeurs et de

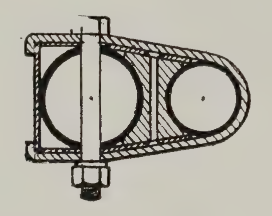


Fig. 96. — Articulation d'équilibreur.

les régler de telle façon que le manche soit dans une position bien perpendiculaire au plancher lorsque l'équilibreur a la même incidence que le plan fixe (fig. 95).

Réglage de l'incidence du stabilisateur. — Ce réglage ne peut se faire qu'après l'expérience d'un premier vol, au cours duquel on remarque s'il est nécessaire d'augmenter ou de diminuer l'incidence et de rendre ainsi le plan fixe plus ou moins porteur. Ce réglage se fait ordinairement au moyen d'une crémaillère ou d'un système à vis et écrous. En tout cas, ne jamais donner une incidence supérieure ou même égale à celle des ailes.

Montage du gouvernail de direction. — Le montage de cet organe est des plus faciles. Il suffit d'enfiler son axe dans les deux colliers fixés au niveau des longerons supérieurs et inférieurs du

fuselage et de vérifier ensuite que les fils soient tendus sans excès et que, le gouvernail étant dans l'axe longitudinal de l'appareil, le palonnier de commande soit bien perpendiculaire à ce même axe ; éviter tout flottement dans la commande.

CHAPITRE XV

MONTAGE ET RÉGLAGE D'UN BIPLAN A POUTRE DE LIAISON ET CELLULE INDÉPENDANTE

89. — Généralités.

Nous avons déjà vu le réglage d'un appareil à fuselage et ailes rapportées. Les biplans étant caractérisés par une cellule et ayant fréquemment leur empennage relié aux surfaces principales par une poutre de liaison, nous allons examiner dans ce chapitre le montage et le réglage d'un tel avion.

Le biplan que nous allons étudier (fig. 97) se compose essentiellement d'une cellule principale réunie à une queue monoplane par une poutre triangulaire de grande section. Au milieu de la cellule principale est une nacelle qui contient à l'avant le pilote et à l'arrière le moteur et l'hélice qui tourne derrière les plans principaux. Le gouvernail de profondeur est constitué par un volet placé dans le prolongement de la queue. Le gouvernail de direction est monoplan. La stabilisation latérale est assurée par des ailerons.

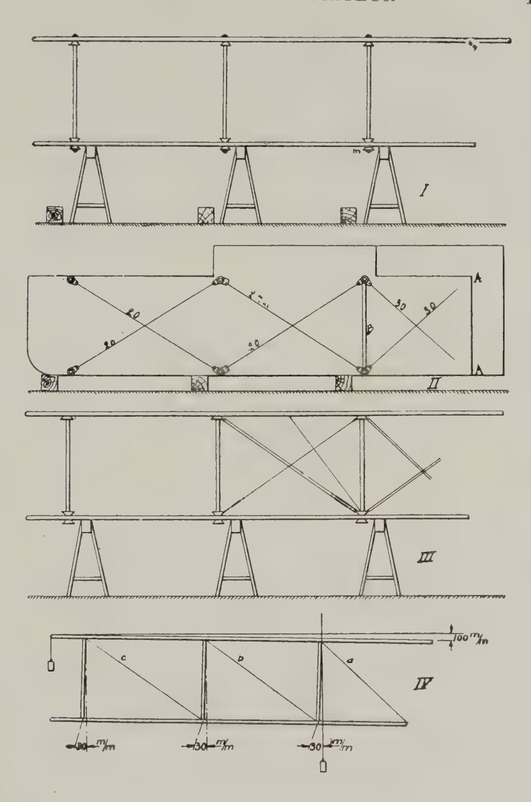


Fig. 97. — Montage de demi-cellules indépendantes.

B, Barre d'écartement. A mettre avant de tendre les croix carrément.

R, Raccordement des ailes supérieures au sommet des triangles de fuselage.

S, Raccordement des ailes inférieures au fuselage.

C, Coquilles attache-fils.

b m, Corde de soutien en vol. Ne pas trop les tendre.

90. — Préparation des cellules (fig. 97).

Chaque plan est posé par terre, à plat, les godets de mâts étant mis en place. Une équipe présente le plan supérieur aux têtes des montants. A chaque

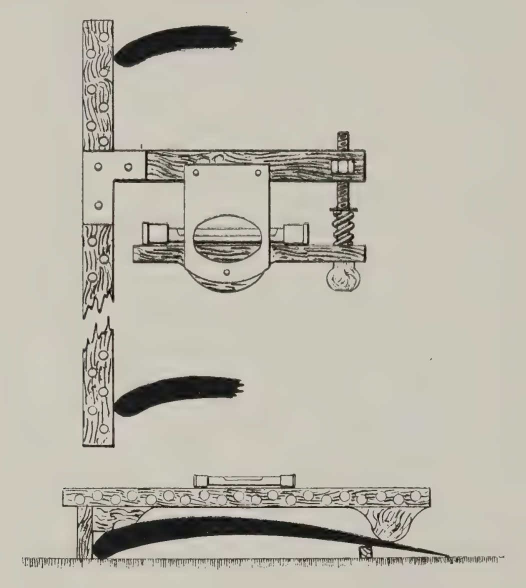


Fig. 98. — Équerrage de la cellule.

mât est un monteur qui fait la jonction. On monte le tout sur des tréteaux et on met les cordes en place. Dès que la cellule est dressée, on lui donne un réglage approché en mettant les plans à l'alignement au moyen de règles à équerres ou niveaux

et à cales (fig. 98). Le réglage définitif sera ainsi grandement facilité.

Si les plans supérieurs sont plus grands et rabattants, on relève les deux extrémités en les faisant tourner autour des charnières qui les relient au reste de la cellule. On met en place les haubans de fixation ; les diagonales étant sensiblement égales dans chaque rectangle on mesure cette égalité avec une *pige* à coulisse. C'est ce qui s'appelle « mettre la cellule au carré ». Le montage de la carlingue est des plus simples. Après avoir retiré la cellule de ses tréteaux et l'avoir placée sur le sol, on fixe le fuselage sur les mâts de carlingue au moyen de boulons et de ferrures.

91. — Montage de la poutre.

On place alors la poutre de réunion. A cet effet, les extrémités des longerons sont munies de ferrures qui viennent se boulonner sur d'autres ferrures fixées aux longerons arrière des plans. Il suffit de placer les haubans en faisant également partout les diagonales égales. Pour tendre les haubans des faces latérales, il est bon de soutenir l'arrière de la poutre afin de ne pas cintrer les montants.

La poutre étant ainsi fixée à la cellule, on réunit ses extrémités arrière sur une tige verticale qui est l'axe du gouvernail de direction. Pour cela, des ferrures terminant les longerons viennent se boulonner sur un collier fixé à l'axe vertical. Les hau-

bans de plan fixe sont enfin mis en place au moyen des tendeurs.

Le plan fixe d'empennage est boulonné à l'arrière sur les longerons de queue et à l'avant sur des tiges formant montants verticaux.

92. — Réglage.

Il reste à procéder au réglage définitif. Ce travail, assez délicat est généralement confié à des mécaniciens monteurs d'avions.

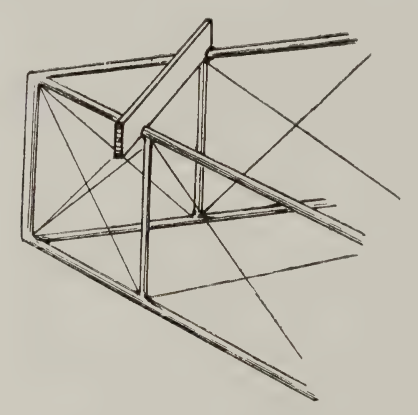


Fig. 99. — Équerrage de la poutre de réunion.

Nous avons vu que, pour obtenir un réglage approché, la façon la plus simple de procéder consiste à donner à chaque hauban la longueur qu'il doit avoir d'après le tracé de l'épure, en agissant sur les tendeurs. On se sert, pour la vérification, de

gabarits ou *piges* (fig. 100), constitués par une tige d'acier coulissant dans un tube. Un collier, placé à l'entrée du tube et muni d'une vis, permet d'immobiliser la tige d'acier et de donner à la pige la



Fig. 100. — Piges de réglage à coulisse.

longueur convenable. On se sert également de gabarits de bois avec des encoches à la distance voulue (fig. 99). Ensuite on vérifie, selon les données du constructeur, l'incidence de diverses tranches du plan inférieur : au milieu, au patinage, aux extrémités, en notant qu'il faut légèrement relever le longeron arrière droit et baisser le longeron arrière gauche (couple de renversement de l'hélice). On procède à ce réglage en serrant et desserrant les diagonales. *Desserrer* toujours un fil *avant* de serrer l'autre de la même quantité. On n'a pas besoin de toucher au plan supérieur qui, grâce aux montants, est réglé parallèlement au plan inférieur. Éviter de trop serrer les fils pour ne pas cintrer les montants ou les longerons et procéder par changements progressifs d'incidence de tranche en tranche pour éviter de faire faire des coudes brusques aux longerons. Les longerons des plans rabattants sont en prolongement de ceux de cellule de manière à ce que chaque longeron soit complètement rectiligne depuis le milieu de l'appareil jusqu'à son extré-

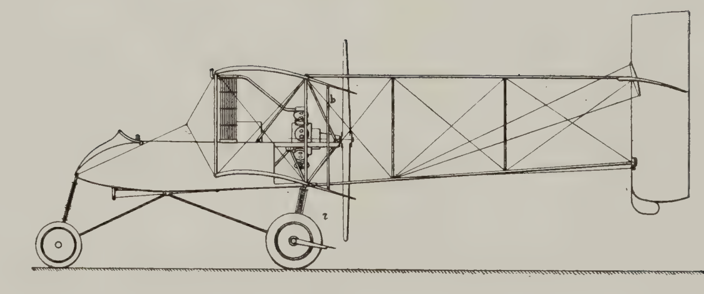


Fig. 101. — Biplan à poutre de liaison (Voisin).

a, Roue arrière avec frein à tambour. Vérifier si les ressorts ne sont pas fendus et les graisser abondamment. Pour démonter la roue, enlever l'écrou de fixation. Pour démonter le pneu, retirer les douze boulons qui maintiennent les flasques et dévisser la flasque extérieure. Une droite passant par le milieu des essieux aboutit sous le ressort du gouvernail.

b, Barre d'accouplement des ailerons. — Vérifier et graisser les charnières de ceux-ci.

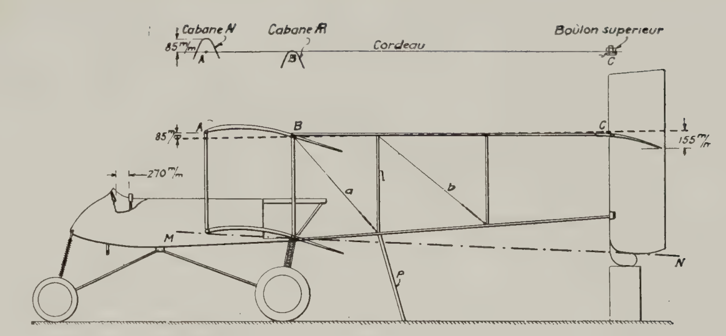


Fig. 102. — Exemple de réglage de la poutre de liaison.

Monter la poutre, tous fils enlevés, et la remonter au moyen des cordes *a* et *b* jusqu'à ce qu'une ligne droite, tangente aux longerons, passe par le bas du gouvernail. Une autre ligne droite, partant de sous l'écrou supérieur du gouvernail, est tangente à la cabane arrière et passe à 55 millimètres sous la cabane avant. Le bord de sortie du stabilisateur est à 155 millimètres en dessous du tube-axe (Le levier est alors à 27 centimètres du tablier). On règle sur les commandes. Vérifier, dès que la queue s'est abaissée de 5 centimètres, la corde *a* qui se détend au roulage; mais soutenir alors la poutre par une cale *P* pour ne pas cintrer le montant I.

mité. Le longeron avant est généralement rectiligne et horizontal d'un bout à l'autre, sauf quelquefois une légère convexité vers le haut entre les mâts de patinage (fig. 39).

Le réglage une fois achevé, il ne doit pas y avoir de bosse sur les longerons ou les montants entre deux assemblages. Ne jamais oublier de freiner les tendeurs et de goupiller les écrous.

Veiller, en prenant des repères à l'œil, à ce que la queue ne s'affaisse pas. Dégauchir fréquemment le plan fixe. Surveiller de près la fixation de la carlingue.

CHAPITRE XVI

DÉMONTAGE ET TRANSPORT

93. — Avion à fuselage.

Pour le transport, les ailes sont démontées, puis placées le long du fuselage, sur lequel elles sont maintenues au moyen d'un cadre dans des tasseaux garnis de feutre (fig. 103). Le stabilisateur est également démonté et amarré sur le fuselage; la plupart du temps, on laisse en place l'hélice et le gouvernail de direction; le tout peut ainsi être abrité dans une grange ou être transporté sur une remorque traînée par une voiture automobile.

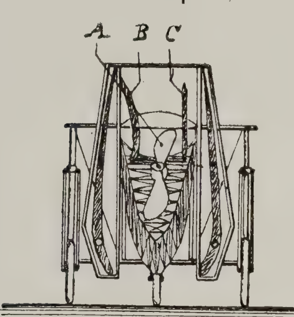


Fig. 103. — Appareil à fuselage replié pour le transport.

L'appareil peut également, au moyen d'une patte d'attache arrière, être remorqué directement par une automobile.

94. — Avion à poutre de liaison.

Démonté et placé sur les prolonges, il comprend six colis :

1° La cellule principale, à laquelle on laisse ordinairement le train d'atterrissage ;

2° La carlingue avec le moteur et l'hélice (cette dernière est cependant parfois démontée, notamment pour les longs transports) ;

3° La poutre de réunion ;

4° L'empennage arrière ;

5° Le gouvernail de direction ;

6° Les roues du train d'atterrissage.

Pour le transport, les extrémités des plans sur la prolonge étant rabattues, la cellule est chargée sur la prolonge. On place verticalement contre les parois de la voiture les deux cadres constituant la poutre de réunion, fixés, au moyen d'attaches, dans des gouttières feutrées. Le fuselage avec moteur et hélice est alors placé sur le plancher de la voiture. On le laisse quelquefois attenant à la cellule. Cela a l'inconvénient de l'alourdir et d'en rendre les manipulations beaucoup plus difficiles.

L'empennage arrière et le gouvernail sont fixés aux parois de la voiture ou placés à plat sur les surfaces portantes.

CHAPITRE XVII

RÉPARATIONS

95. — Réparations aux appareils.

C'est le plus souvent à l'atterrissage que les appareils sont endommagés. Certaines petites réparations, telles que : remplacement d'un hauban en corde à piano, réparation des pneumatiques, sont très fréquentes et entrent pour ainsi dire dans l'entretien de l'appareil.

Parmi les accidents plus importants, les ruptures du châssis d'atterrissage sont les plus fréquents. Aussi, les appareils sont généralement accompagnés d'un châssis complet de rechange. Il suffit alors de démonter les pièces cassées et de les remplacer par des neuves.

Il faut bien prendre soin de procéder ensuite à une vérification, et, s'il y a lieu, à un réglage des haubans de soutien d'aile qui viennent fréquemment se fixer au châssis d'atterrissage.

Après le train de roulement, ce sont les ailes qui se cassent le plus souvent, soit qu'elles touchent la terre dans un atterrissage trop incliné,

soit qu'elles rencontrent un obstacle en roulant sur le sol. Dans ce cas, le mécanicien doit, avant tout vol, vérifier soigneusement la carcasse de l'aile en déclouant au besoin la toile s'il a des doutes.

Habituellement, tout longeron cassé entraîne le remplacement complet de l'aile. Parfois, cependant, on peut avoir besoin de réparer sur place. On procède alors comme il est dit plus loin pour la réparation des pièces de bois.

On procède de même pour les ruptures de fuselage, qui sont d'ailleurs beaucoup plus rares.

96. — Mise en place d'un hauban en corde à piano.

Les outils nécessaires sont une pince ronde, une pince plate et une pince coupante. On coupe un morceau de corde à piano de 20 ou 30 centimètres plus long que le hauban à remplacer ; on dévisse à fond le système tenseur (tendeur ordinaire, étrier, etc.) qui sert à régler le hauban. On replie sur lui-même, avec la pince ronde, une des extrémités du morceau de fil d'acier, et on enfile par l'autre bout les deux coulants de cuivre qui serviront à consolider les attaches (fig. 104). On enfile le bout replié dans l'œil du tendeur et on présente l'autre extrémité au second point de fixation ; on voit à quel endroit doit être faite la seconde boucle. On replie alors le fil sur lui-même comme précédemment, et on fait glisser les coulants sur les deux brins de fils à chaque extrémité. On les re-

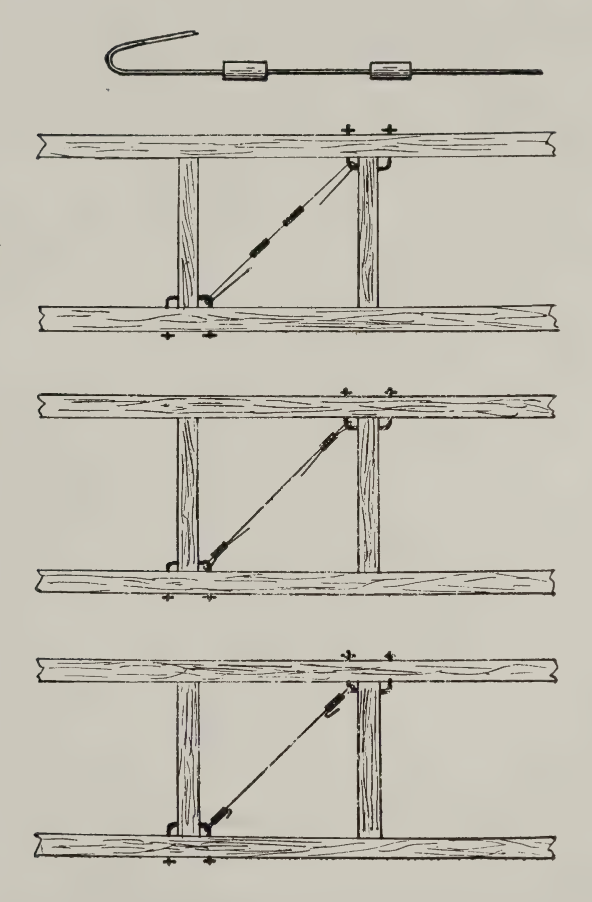


Fig. 104. — Mise en place d'un hauban en corde à piano.

plie une dernière fois et on les coupe. Prendre garde, en coupant la corde à piano, que le morceau de fil qui doit tomber soit au-dessous de la pince, les morceaux sont lancés parfois très loin, et fréquemment des ouvriers sont blessés ainsi aux yeux ou au visage.

Il reste alors à régler la tension du hauban au moyen du tendeur.

Le tendeur à vis étant intercalé sur le hauban, le fil raidisseur est constitué par un petit bout de fil (10 à 20 centimètres), le tendeur et un grand morceau de corde à piano. C'est ordinairement ce dernier qu'on a à remplacer.

97. — Mise en place d'un hauban en câble.

S'il s'agit de câble d'acier, on le serre dans une attache-fils (fig. 105) ou on fait une épissure (fig. 110); le tout est généralement soudé à l'étain.

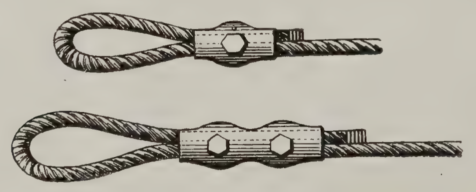


Fig. 105. — Attache-fils.

Proscrire l'emploi de la lampe à souder qui brûle le métal, et employer le fer à souder avec la résine ou la bougie comme décapant au lieu de l'esprit de sel qui ronge l'âme en chanvre du câble.

98. — Réparation d'une pièce de bois.

Le mieux est de la changer complètement. C'est ce qu'on fait toujours quand la pièce est courte et que cela exige peu de démontage. C'est le cas des

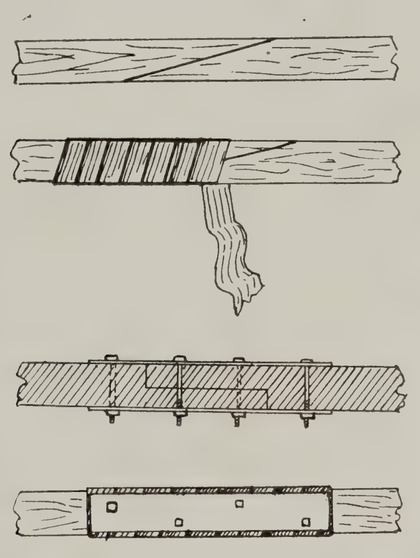


Fig. 106 et 107.— Réparation d'une pièce de bois cassée.

montants, des traverses, des pièces du train d'atterrissage. Quand le remplacement intégral de la pièce demande un long démontage, comme un longeron de fuselage, par exemple, on le répare en collant les morceaux. Pour les longerons de fuse-

lage, la pièce et les longerons sont coupés en sifflet et collés avec de la colle bien chaude (fig. 105, I). On maintient les pièces avec des presses jusqu'à ce que la colle ait pris. On consolide ensuite le collage par un *marouflage* de toile collée, enroulé autour de l'assemblage (fig. 106, II). On rattrape le raccourcissement ainsi obtenu en ajoutant de la même manière au longeron réparé une pièce de bois de longueur appropriée.

Pour les longerons d'aile, les assemblages se font à mi-bois (fig. 107) ; ils sont également collés et entoilés. On y ajoute généralement trois ou quatre petits boulons de 4 ou 5 millimètres, placés en quinconce, entre lesquels on serre quelquefois deux plaques de tôle. Un longeron d'aile bien réparé a la même solidité que neuf. Ces réparations ne doivent cependant être considérées que comme tout à fait provisoires. Les nervures avariées sont toujours remplacées.

Une aile endommagée doit être détoilée complètement et visitée avec le plus grand soin. Si les longerons sont en plusieurs pièces, visiter les assemblages.

99. — Réparation d'une partie métallique.

Les tubes ne doivent jamais être redressés, mais changés dans toute leur longueur.

Les haubans en lame d'acier, pliés ou froissés, doivent être remplacés, de même ceux en corde à piano quand ils ont été coudés.

100. — Réparations aux toiles.

Pour réparer un accroc, on a recours au point de rapprochement, ou reprise à points lacés, ou encore points d'ici de là.

Il permet d'amener au contact les deux bords d'une fente, sans plisser la surface avoisinante de l'étoffe.

Après avoir muni l'aiguille d'un bout de fil de lin ou de soie d'environ 50 centimètres de longueur, nouer l'un des brins, l'autre brin étant moins long que le précédent.

Maintenir l'aiguille et l'étoffe ; coudre de gauche à droite, c'est-à-dire en venant sur la main qui coud ; passer l'aiguille dans la fente ; la ressortir en dessus, à 2 millimètres environ de distance et dans le prolongement de l'entaille (fig. 108).

L'ensemble des trois premiers points forme une partie d'étoile à trois branches.

Continuer ensuite la couture, en passant toujours l'aiguille dans la fente, et en la sortant alternativement en dessus et en dessous de l'entaille.

Arrivé au bout de la couture, former les trois derniers points en étoile, comme on l'a fait avec les trois premiers ; la couture terminée ne doit présenter à l'œil ni commencement ni fin.

Quand la couture est terminée, on colle pardessus une pièce qui doit déborder autour de la déchirure de 4 centimètres environ. Ne jamais lésiner sur la grandeur de la pièce à appliquer.

L'émaillant lui-même sert de colle. On en barbouille la surface et la pièce, après les avoir nettoyées légèrement à l'alcool, à l'essence ou au dissolvant;

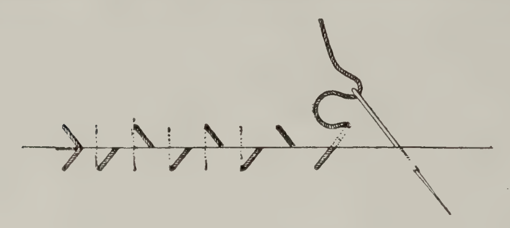


Fig. 108. — Point de rapprochement.

on laisse évaporer quelques instants et on applique la pièce.

Quelquefois, en outre, on coud la pièce par un

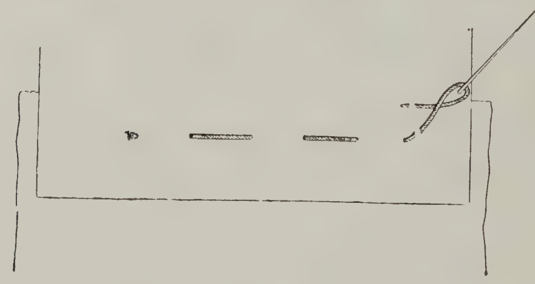


Fig. 109. — Point de faufilage.

point de faufilage (fig. 109) fait avec une aiguille courbe, parce que l'aile étant entoilée sur ses deux faces, on n'a accès que d'un seul côté de la toile qu'on coud.

101. — Réparations des pneumatiques.

Les pneumatiques des roues d'aéroplanes sont des pneus à tringles analogues à ceux des roues de motocyclettes. Ils se réparent de la même façon :

Les *perforations de la chambre à air* se réparent avec une pièce de caoutchouc. On recherche la fuite dans l'eau. Après l'avoir marquée, on essuie très soigneusement pour enlever toute trace d'humidité. Puis, après avoir nettoyé la pièce et la chambre aux abords du trou (2 centimètres autour) avec de l'essence ou du papier verré, on enduit les deux parties qui doivent venir en contact, de dissolution, et on laisse sécher un bon moment : on n'attend jamais trop. On place alors la pièce sur le trou et on peut remonter la chambre *après l'avoir légèrement talquée.*

Les *réparations d'enveloppe* se font à l'intérieur au moyen de toile collante spéciale ou de forte toile enduite de dissolution ; on procède comme pour les chambres, après nettoyage préalable, en faisant revenir la pièce par-dessus les talons.

Les détériorations qui n'intéressent que la gomme de l'enveloppe peuvent être bouchées à l'aide d'un *ciment* spécial.

Bien prendre soin, pendant le montage et le démontage, de ne pas pincer la chambre à air. Aussi la dégonfler complètement et éviter les démonte-pneus trop petits ou aigus.

102. — Soins à donner aux appareils.

On doit, autant que possible, leur éviter la pluie, la neige et les rosées nocturnes, en les abritant ou en les recouvrant d'une bâche très légère. L'humidité amène, en effet, la déformation des parties en bois et la rouille de celles en acier. Les bois seront toujours recouverts d'une forte couche de vernis et le métal d'une couche de peinture.

Les pneumatiques doivent toujours être bien gonflés. Il est bon de soulager les amortisseurs et les pneus pendant la nuit ou pendant les repos prolongés, en faisant directement reposer le corps de l'appareil sur des tréteaux ou des cales.

Les toiles doivent être entretenues à l'alcool (jamais à l'essence) en y passant au besoin de temps en temps une couche d'enduit ; on vérifiera également chaque jour si elles ne se détachent pas de sur la carcasse en quelque point (principalement sur le dessus).

Le moteur doit être soigneusement graissé extérieurement à l'huile verte.

Dans les moteurs où l'huile utilisée est remise automatiquement en circulation, elle devra être vidée complètement et remplacée par de l'huile propre, au bout d'une certaine durée de fonctionnement.

L'eau des radiateurs devra être vidée quand il fait froid, car le gel ferait éclater les radiateurs. On peut y obvier en ajoutant, avant le remplissage, 20 °/₀ de glycérine à l'eau de refroidissement.

Les conduites d'essence devront avoir une partie souple en toile caoutchoutée *durit* ou un enroulement en spirale, pour que les trépidations ne fassent pas rompre le tube.

L'essence devra être conservée dans des bidons bien propres. Ne jamais alimenter le réservoir avec de l'essence, même propre en apparence, ayant servi

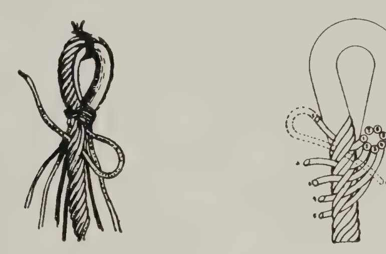


Fig. 110. — Épissure.

à un autre usage ou provenant de bidons débouchés.

L'essence doit toujours être versée au moyen d'un entonnoir muni d'un tamis très fin ou plutôt d'une peau de chamois destinée à retenir les corps étrangers. L'entonnoir doit être rangé dans des endroits propres et non jeté n'importe où comme on le fait généralement.

Souvent les trépidations du moteur font détacher des gouttes de soudure des réservoirs neufs. Les déchets d'étain tombent au fond du réservoir et peuvent provoquer une panne d'essence par obturation du filtre ou de la tuyauterie de départ.

Cet accident étant assez fréquent, il est bon de vérifier, après quelque temps de service, si le réservoir ne renferme pas de corps étrangers. Il suffit de le secouer à vide : les gouttes d'étain font grelot à l'intérieur.

Ces soins ne doivent pas être négligés ; le mécanicien doit toujours avoir à l'esprit que la vie d'un homme en dépend et est à la merci de la moindre négligence.

CHAPITRE XVIII

ORIENTATION

103. — Topographie et lecture de la carte.

Quelques connaissances de topographie peuvent être utiles au mécanicien qui pourrait avoir à accompagner son chef au cours d'un vol, ou à se porter à son secours en un point de la campagne où un accident aurait obligé l'aviateur à descendre.

La carte de l'état-major français est à l'échelle de 1/80.000e. A cette échelle, 1 centimètre sur la carte représente donc 800 mètres sur le terrain. 1 kilomètre sur le terrain est représenté par 12 mm. 5 sur la carte.

Signes conventionnels. Abréviations. — Les accidents du terrain, les rivières, ainsi que les différents accidents naturels ou artificiels qu'on trouve à la surface du sol : bois, étangs, routes, maisons, etc., sont représentés sur la carte par des signes conventionnels. Les plaines dépourvues d'arbres sont en blanc, les montagnes et les collines sont figurées par des hachures dans le sens de la pente. Ces hachures sont d'autant plus serrées que la pente est plus raide. Des cotes, placées aux points principaux et

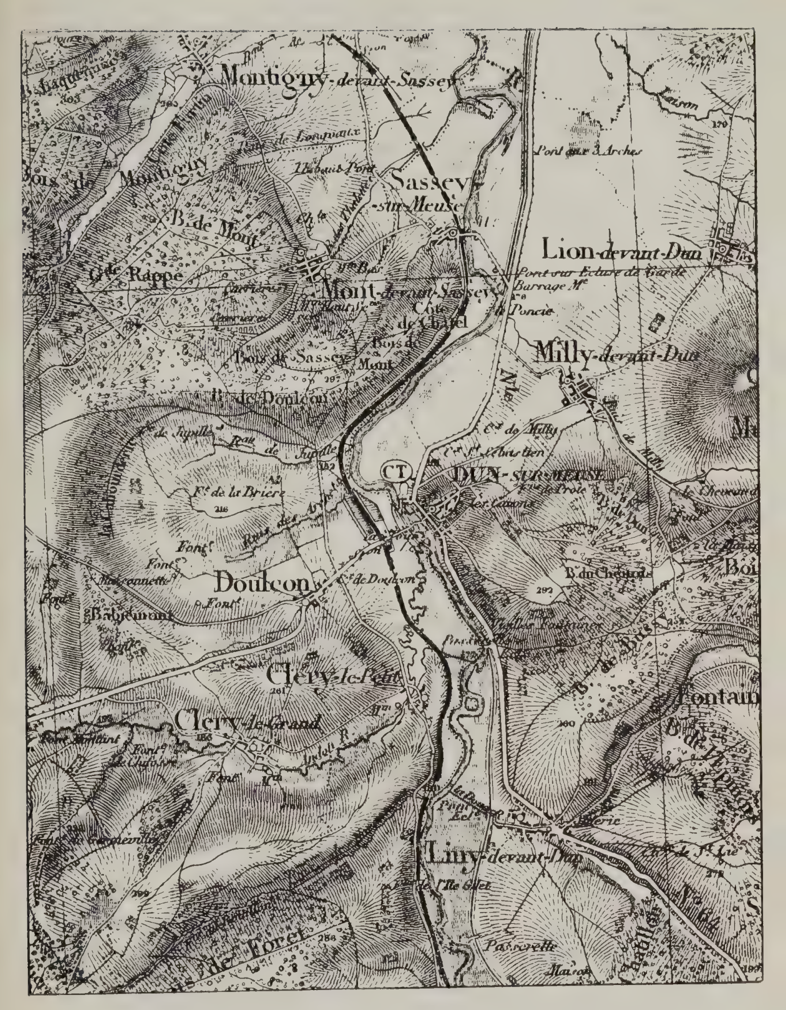
en particulier sur les sommets, permettent d'apprécier plus exactement les différences d'altitude. Les arbres sont représentés par de petits points ronds, etc. (Voir la liste des signes conventionnels.)

Emploi de la carte. — Ce n'est que par la pratique qu'on apprend à se servir de la carte. Pour cela, la meilleure façon de procéder consiste à se procurer la feuille contenant le pays où l'on habite, et, en se promenant dans les endroits que l'on connaît bien, de les retrouver sur la carte. On se familiarise ainsi avec les signes, on se rend compte de ce qu'ils représentent et de quelle façon ils le représentent.

Quand on est un peu plus habile, on étudie attentivement sur la carte des promenades à faire, autant que possible dans des régions qu'on connaît peu. On s'y rend et on tâche de s'y diriger par le seul secours de la carte, en cherchant à se rendre compte de tous les signes figurés : montées, descentes, angles des chemins.

Par la répétition de ces exercices, on acquiert la pratique nécessaire indispensable à l'usage de la carte.

Pour les grands voyages les aviateurs ne pourraient pas toutefois employer la carte au 1/80.000e. Ils prennent généralement dans ce cas la carte au 1/200.000e qui est en couleurs et dans laquelle les voies ferrées, forêts, cours d'eau, etc., se détachent d'une façon parfaite. Les notations sont sensiblement les mêmes que celles de la carte d'état-major. Celle-ci a l'avantage de pouvoir se procurer facilement, n'importe quel officier en étant possesseur quelle que soit son arme.



Spécimen de la carte au 1/80.000e.

Signes Administratifs.

Routes

Route Nationale

Route Départementale.

Route encaissée, en chaussée.

Chin carrossable en tout temps (régulièrement entretenu.)

Chin non carrossable en tout temps. (irrégulièrement entretenu.)

Chemin en sol naturel et Chemin muletier.

Sentier pour piétons

Laie forestière.

Vestiges d'ancienne Voie.

Limite d'Etat.

Limite de Département.

Limite d'Arrondissement.

Limite de Canton.

Limite de Commune.

30 PRÉFECTURE PF

20 SOUS-PRÉFECT. SP

18 *CANTON* CT

15 Commune

Clôtures

Clotures en pierre.

Clôtures en fossés

Clôtures en levée de terre.

Clôtures en haie.

Rangée d'arbres isolés.

Eglise, Clocher
Phare, Feu de Port

Chapelle ou Ermitage
Oratoire, Tombeau important.

Calvaire, Croix
Tombe, Vierge

Cimetière

Château, Manoir

Ferme

Maison ou
Construction isolée

Balise, Cheminée
Monument, Tour

Moulin à vent

Moulin à eau

Forge, Usine
(à moteur hydraulique)

Manufacture, Usine
(à moteur non hydraulique)

Télégraphe, Sémaphore

Grotte, Carrière souterraine
Fosse, Puits de Mine
Entrée de Galerie

Four à Chaux, à Plâtre

Fontaine, Puits, Source

Ruines

Points Géodésiques.

Clocher, Eglise, Phare — 125

Chapelle — 236

Signal et autres Objets — 571

Point Coté — 310

Nota.

Les Chiffres qui accompagnent les Signes ci-dessus expriment, en Mètres, la hauteur du sol au-dessus du niveau de la Mer (Hauteur des Chiffres, 0,0008)

Hydrographie.

Fleuve, ou Rivière importante.

Fossé. *Digue.*

Rivière, moins de 10 mètres

Système de Canaux et Digues.

Ruisseau, à sec en été.

Cascade — *Cades*

Pont fixe, tournant, etc. Pont de Bateaux.

P. de Bat.

Grand Canal navigable.

Ecses

Bac — *Bac*

Barrage — *Bge*

Gué — *Gué*

Canal navigable.

P. *Gare* *Tunnel* *Aqduc* *Pt.*

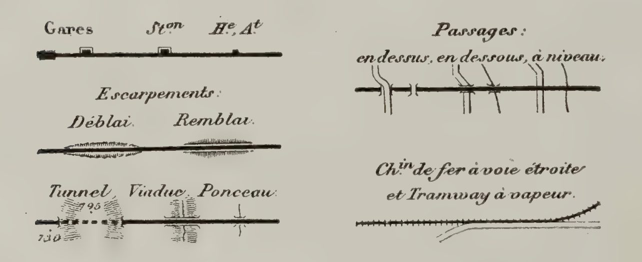
Lac *Etang*

Canal d'irrigation.

Aqueduc:
à ciel ouvert. *souterrain.*

Mare, Réservoir, Citerne.

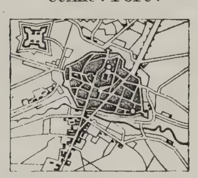
Chemins de Fer.



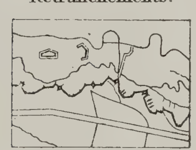
Ville Fortifiée.



Ville Fermée et Anc^{n} Fort.



Fort nouveau, Bat^{ie} et Retranchements.



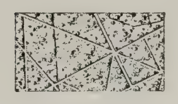
Bourg ou Village.



Ville Ouverte.



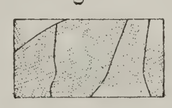
Bois.



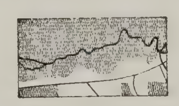
Broussailles.



Vignes.



Prés.



Vergers



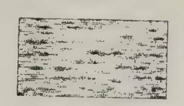
Haies et Jardins.



Tourbières.



Marais.



Marais Salants.



Bruyères et Landes, Falaises.



Dunes et Sables.



Rochers Plats *dans la Mer.*



Montagnes



104. — Utilisation de la carte en aviation.

Tracé de l'itinéraire. — Pour aller d'un point à un autre, le pilote peut parcourir une ligne brisée, en évitant les contrées dangereuses ; boisées, couvertes d'étangs, montagneuses. Suivre aussi approximativement que possible une vallée, une ligne de chemin de fer courant dans un pays peu accidenté, une rivière, de manière à pouvoir toujours descendre dans un champ favorable.

Sur la carte au 1/200.000e, on trace l'itinéraire au crayon bleu, puis on étalonne le trajet dans les deux sens en marquant d'un trait transversal numéroté les 10e, 20e, 30e kilomètres de la ligne brisée, en partant des points extrêmes. Coller les fragments de cartes sur de la toile de manière à avoir un rouleau bien continu dont la largeur est inférieure de 1 centimètre à celle du porte-carte.

Si on a à faire des crochets, marquer la direction nord-sud avec une flèche très visible pour rappeler à l'ordre.

Étude de la carte. — Si l'occasion peut se présenter de descendre à proximité d'agglomérations, marquer sur la carte l'altitude du pays, le 0 considéré étant *celui du point de départ.*

Des routes seront identifiées par leurs croisements et leurs rencontres avec des voies ferrées, canaux, rivières, etc. Les cours d'eau seront parmi les jalons les plus intéressants et les plus faciles à suivre ; par leurs méandres et leur visibilité ils permettent de se situer instantanément. Les étangs

seront soulignés sur la carte *à l'extérieur* afin d'agrandir la figure ; ils forment des points de repère visibles de très loin. Ne considérer les forêts et les bois comme jalons susceptibles d'être suivis, que lorsqu'ils sont importants ou qu'ils avoisinent un étang, un cours d'eau permettant de les identifier. Ne pas se fier aux lignes de chemins de fer qui échappent fréquemment à la vision. Par contre, indiquer les ouvrages d'art importants. Néanmoins, au cours du repérage de ces jalons, ne pas surcharger la carte d'une foule de remarques et èntourer ou souligner les jalons au crayon rouge.

La carte doit être placée bien au jour dans le porte-carte, qui devra fonctionner sans dur et dont le mica sera le plus clair possible. Le commencement de l'itinéraire est devant les yeux et au cours du voyage on enroulera sur le rouleau du bas afin que le terrain et la carte semblent se déplacer dans le même sens.

105. — La Boussole.

Fixation de la boussole. — La boussole doit être installée loin de toute partie métallique, surtout de manettes ou de leviers qui, par leur mobilité même, changent à chaque manœuvre la valeur de l'erreur occasionnée par l'attraction du fer ; la ligne de foi sera bien parallèle à l'axe.

On la monte sur un bâti à la cardan où elle peut, quelles que soient les oscillations de l'appareil, garder toujours une position horizontale dans l'espace.

Comme on ne peut l'éloigner suffisamment de toute pièce métallique, il faudra toujours *compenser* la boussole et établir les variations d'angle que produit le voisinage de ces pièces. Pour cela on se repère sur les directions nord-sud, est-ouest, tracées sur le sol et on note la quantité dont s'écarte l'aiguille rouge de la rose, à droite ou à gauche de ces directions, lorsqu'on met l'appareil le nez tourné successivement vers les quatre points cardinaux. On tiendra compte de ces erreurs lors de la marche : on sait par exemple que lorsque l'on doit se diriger à 40° à l'est du nord magnétique, l'aiguille rouge doit être sur 42°, etc.

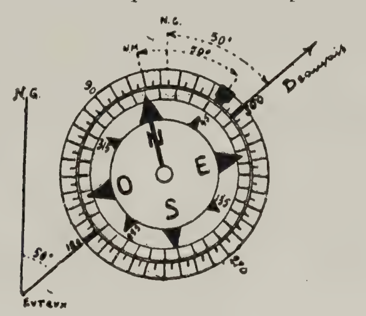
106. — Emploi de la boussole.

Ex. : On a lu sur la carte qu'on doit se diriger à nord 50°. On dirige l'axe de l'appareil jusqu'à ce que la ligne de foi (placée parallèlement à l'axe de l'avion) vienne se placer en face de la division 50 inscrite sur la rose), division qui est à 50° à l'est du nord magnétique indiqué par l'aiguille rouge.

Mais comme ce n'est pas par rapport au nord magnétique que nous voulons nous orienter, mais bien par rapport au *nord géographique* — qui est 13° à gauche du premier — on déplacera le curseur sur le pourtour de la boussole en le déportant *de 13° à gauche de la ligne de foi* (fig.) et on orientera l'avion de manière que le nord 50° de la rose vienne coïncider *avec l'axe du curseur* et non avec la ligne de foi.

107. — Dérive.

Cependant le vent n'est jamais nul ; il ne change rien à la marche quand il est dans l'axe de l'appareil, mais il tend à déplacer l'avion parallèlement à



lui-même quand il souffle de côté, l'angle de la boussole restant pourtant invariable. On compense cette dérive par une avance latérale obtenue en mettant le cap sur un angle différent de celui déterminé à l'avance sur la carte.

L'angle de l'axe de l'avion avec le nord n'est donc plus l'angle de marche réel, mais un angle *plus grand* ou *plus petit*.

108. — Angle de route.

Pour trouver l'angle de route, le pilote prend sur son trajet deux points très visibles placés sur la route qu'il doit suivre. Il regarde à quelle gradua-

tion de la rose s'arrête le trait rouge de la cuvette. S'il est dévié par un vent venant de gauche, il voit le premier repère s'écarter vers la gauche. Il met alors le cap du côté d'où vient le vent jusqu'à ce qu'il se déplace de travers *suivant l'axe des points qu'il a choisis.*

Si le vent venait de droite, le point s'éloigne vers la droite et on change le cap.

Nous ne conseillons pas de prendre des repères *en dehors* de la ligne choisie. Par la position inclinée qu'il a sur la trajectoire, le pilote verra le repère d'abord d'un côté de son appareil puis de l'autre, alors que, suivant la carte, il doit toujours l'avoir du même côté. En l'absence de points remarquables *sur* la direction, s'astreindre à passer *entre* deux points saillants.

Le vent pouvant changer d'intensité et de direction au cours du vol, vérifier de temps à autre l'angle de route, en prenant deux repères en alignement.

On peut, sans points de repère, corriger très approximativement sa dérive en poussant le curseur *plus à gauche si on dérive vers la gauche* ou *plus à droite si on dérive vers la droite.* Comme on gouverne sur la coïncidence de ce curseur avec la division désirée de la rose, en poussant plus à gauche le curseur, l'axe de l'avion est plus porté sur la droite, c'est-à-dire s'oriente du côté d'où vient le vent.

ANNEXES

ANNEXE I

ORGANISATION DE L'AVIATION MILITAIRE

1. — Escadrilles.

Le personnel et le matériel d'aviation sont groupés en un certain nombre d'unités appelées *escadrilles.*

Une escadrille comporte en première ligne, c'est-à-dire sur le lieu de combat :

Un certain nombre d'aéroplanes de même type ;

Des tracteurs automobiles avec leurs remorques ;

Quelques automobiles rapides.

En seconde ligne, c'est-à-dire avec les services de l'arrière :

Des camions automobiles avec leurs remorques ;

Un camion-atelier.

Les véhicules de première ligne sont destinés à transporter sur route ou en campagne les aviateurs avec leurs engins, ainsi que tout le matériel de campement, de secours ou d'entretien et les équipes d'hommes nécessaires.

Les véhicules de seconde ligne assurent le trans-

port d'approvisionnements, de moteurs complets de rechange, d'appareils complets emballés en caisses, de matériel de réparation avec outillage, jusques et y compris les machines-outils nécessaires, tout installées, avec la force motrice assurant leur fonctionnement.

2. — Breaks de première ligne.

Ils transportent huit hommes, 800 kilos de matériel et traînent la remorque. Sur le siège avant prennent place le conducteur et un homme; derrière le siège est un vaste coffre de 1 mètre de large, renfermant dix bidons d'essence et des pièces de rechange réparties dans un compartimentage. Sur ce coffre se place la tente-abri d'un aéroplane, pesant 200 kilos. Derrière le coffre, à l'arrière du break, sont deux banquettes à trois places, sous lesquelles sont de vastes coffres, renfermant des outils, les sacs et les petits piquets de la tente, une boîte de secours, etc.

De chaque côté de la caisse de la voiture, de larges plats-bords permettent de disposer d'un côté une hélice emballée en caisse et les grands piquets de la tente, de l'autre un train d'atterrissage complet emballé en caisse, une gouttière et deux brancards repliés pour le transport éventuel des blessés. Le tout est recouvert d'une capote.

On peut transformer le break en voiture d'ambulance — au moyen de supports en fer à U — qu'on dispose au-dessus de la voiture, et sur lesquels

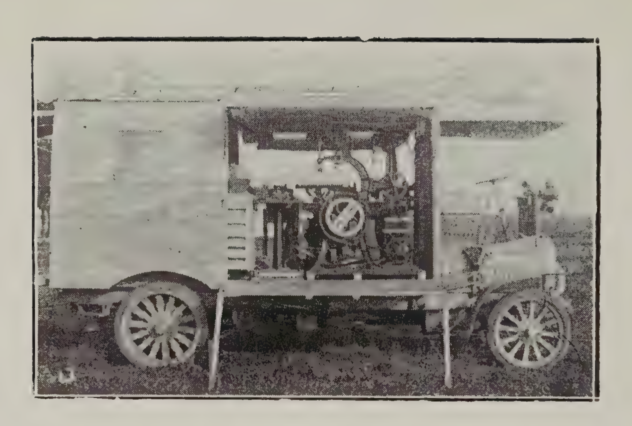
peuvent être placés deux brancards avec leurs blessés ; les blessés peuvent être chargés sans le moindre heurt et en quelques secondes, grâce à un dispositif de rail longitudinal sur lequel roulent des galets de suspension. Ainsi les porteurs n'ont pas à monter dans la voiture pour hisser le brancard ni à l'élever au-dessus de leur tête, ce qui produit toujours pour le blessé des secousses douloureuses.

Le break est muni à l'arrière d'un crochet d'attelage pour la remorque; ce crochet transmet l'effort par l'intermédiaire d'un ressort qui amortit les à-coups et les cahots.

3. — Remorques de première ligne.

Elles sont très légères, démontables complètement, sans le secours d'aucun outil, en morceaux faciles à loger et qui peuvent être portés par un seul homme. Elles se composent essentiellement d'un plancher reposant, par l'intermédiaire de ressorts à lames, sur deux roues munies de pneumatiques. Elles sont couvertes d'une bâche formant la toiture et les côtés latéraux du véhicule. La bâche est soutenue par des *cerceaux* en bois cintré, formés de plusieurs lames de bois collées ensemble et entoilées ; ils sont maintenus par le poids de la bâche qui est, d'ailleurs, attachée par le bas tout autour de la remorque.

Il y a deux modèles de remorques, un pour grands appareils, un pour petits avions. Ils suffisent pour le transport de tous les types d'aéroplanes.



La voiture en ordre de route.



La voiture à l'étape.

VOITURE-ATELIER DELAHAYE

Les remorques sont, en effet, munies de chevalets fixés aux traverses du plancher, qui peuvent recevoir tous les trains d'atterrissage grâce à des taquets de bois interchangeables qui modifient leur forme. De même, des gouttières feutrées, avec pièces de calage, cadre des ailes et courroies pour tous les types d'ailes permettent de charger indistinctement n'importe quel appareil.

4. — Voiture du chef d'escadrille.

Il faut ajouter à ces voitures de première ligne une automobile rapide avec une carrosserie double phaéton pour le chef d'escadrille.

5. — Camions de seconde ligne.

Il y a deux types différents :

Le premier est un véhicule à très grande capacité, avec une plate-forme de 4 m. 50 de long, ridelles de 1 m. 20, le tout entièrement bâché sur des cerceaux à 2 m. 70 de haut, et pouvant porter 3.000 kilos. Les ailes y sont placées verticalement contre les côtés latéraux. Cette disposition présente l'inconvénient que les ailes risquent de recevoir des coups et d'être crevées pendant le chargement du matériel.

Dans le deuxième type, les ailes d'aéroplane sont absolument soustraites aux chocs ; elles sont abritées dans une grande carcasse posée à plat et formant le toit du camion.

Mais à cause de la fragilité des ailes d'aéroplane, il ne convient pas de les charger dans la caisse en les élevant au-dessus du camion. Aussi la caisse est-elle montée sur des rails transversaux, son déplacement latéral est commandé par chaînes au moyen de la manœuvre d'une manivelle à hauteur d'homme. Cette grande caisse, de 4 m. 50 de long, se déporte donc latéralement, puis se déverse sur un flanc du camion. Il suffit d'enlever la bâche qui la recouvre, pour dégager ou caler, dans les traverses feutrées qui les maintiennent, les ailes ainsi transportées.

Ce camion est, en outre, aménagé pour recevoir une remorque légère de première ligne entièrement démontée, et qui est arrimée sur deux plats-bords de chaque côté de la voiture. Les différentes pièces viennent se loger dans des gouttières de forme convenable, sur lesquelles elles sont maintenues par des courroies.

Enfin, sur la plate-forme du camion, on peut transporter 1.500 à 2.000 kilos de matériel, dont l'essence et l'huile constituent la majeure partie.

Les camions des deux types sont munis à l'arrière de forts crochets d'attelage pour les remorques lourdes suivantes.

6. — Remorques de seconde ligne.

Les *remorques* sont destinées au transport d'aéroplanes en caisses, dont les longueurs sont très variables ; elles atteignent jusqu'à 12 mètres.

Les chariots-remorques reposent sur quatre roues. Leur longueur est réglable à volonté de 6 à 9 mètres. A cet effet, les longerons sont constitués par deux fers à U solidaires du train de roues arrière. Sur ces fers à U viennent se boulonner deux longerons de bois solidaires du train de roues avant. Ces longerons de bois peuvent être enfoncés et boulonnés plus ou moins profondément entre les fers à U. On a ainsi un chariot télescopique. Il peut être indifféremment traîné par des chevaux ou attelé en remorque derrière un camion.

7. — Voiture-atelier.

L'outillage de réparations et les machines-outils sont aménagés dans une voiture-atelier dans laquelle on peut travailler, et qui constitue une petite usine complète. Il y a un tour, une perceuse, une scie à ruban, un étau-limeur, une fraiseuse, une machine à affûter, le tout commandé par transmission électrique; deux établis, l'un pour menuisier, l'autre avec étau d'ajusteur, formant armoire pour contenir les outils. Une forge portative avec son enclume et un établi mobile d'ajusteur complètent encore cet atelier dans lequel une dizaine d'hommes peuvent travailler à la fois.

La carrosserie est une vaste caisse fermée, dont les dimensions n'ont été limitées que par la nécessité de passer au gabarit des chemins de fer. C'est pourquoi elle affecte une forme arrondie à la partie supérieure. Cependant la place eût été encore trop



Camion-tracteur de première ligne transportant
les hommes et le matériel.



Camion porteur d'ailes.
Manœuvre pour descendre le toit.

restreinte pour loger les machines et permettre aux hommes d'y travailler aisément. On a tourné la difficulté de la façon suivante : les panneaux latéraux et arrière s'ouvrent à charnière en deux volets. Les volets inférieurs s'abattent sur des pieds, pour former, d'une part, l'élargissement du plancher ; les volets supérieurs, maintenus vers le haut, forment, d'autre part, la toiture nécessaire. Des bâches se déroulent pour clore au besoin l'espace ainsi agrandi.

La voiture-atelier repose sur un châssis spécial, dont le mécanisme de changement de vitesse permet, par la manœuvre du levier de changement de vitesse, la commande d'une dynamo génératrice et d'un cabestan placés sous la voiture. La dynamo fournit la force motrice nécessaire aux machines-outils et l'éclairage électrique à l'intérieur de la voiture. Le cabestan placé à l'arrière de la voiture permet de haler un camion enlisé dans un champ ou un mauvais chemin.

Enfin, le camion-atelier est également muni d'un crochet d'attelage et peut, en plus du matériel qu'il contient, remorquer un chariot transportant plusieurs tonnes de matières premières, bois ou fer.

ANNEXE II

FORMALITÉS POUR SERVIR DANS L'AVIATION MILITAIRE

Il faut distinguer actuellement la zone des armées des troupes de l'arrière.

a) Arrière. — Pour faire partie du *personnel naviguant* (élève pilote, observateur, bombardier, mitrailleur) l'intéressé doit constituer un dossier ainsi composé.

1° Une demande adressée à M. le ministre de la Guerre, Direction de l'Aéronautique et rédigée sur papier ministre ;

2° Un certificat médical de visite et contre-visite constatant la bonne vision (sans verres), l'absence de daltonisme, astygmatisme — un cœur sain — aucun trouble auditif — un poids maximum de 75 kilos (observateurs) ou de 85 (élève pilote) — un certificat d'inaptitude à faire campagne pour 6 mois ;

3° Un état signalétique et des services;

4° Un relevé des punitions (excepté pour les officiers).

5° Une fiche de renseignements sur la profession civile, l'instruction générale et l'instruction aéronautique (voir plus loin), les antécédents sportifs

(très importants pour l'élève pilote), l'instruction militaire (connaissances des élèves caporaux), l'aptitude éventuelle à recevoir l'instruction de T. S. F. et enfin l'emploi exact choisi.

Pour être ouvrier à un atelier, joindre des certificats professionnels.

b) Les militaires *aux armées* adresseront leur demande — toujours par voie hiérarchique — au Général commandant en chef, au G. Q. G., secteur postal n° 1.

c) Les *réformés* ou *dégagés d'obligations* militaires peuvent s'engager dans le personnel non naviguant en écrivant directement au Commandant du Dépôt du groupe ou de l'Établissement où l'on désire servir. Pour le personnel naviguant, écrire directement à la Direction de l'Aéronautique, 282, boulevard Saint-Germain, avec la fiche 5 très détaillée (autorisation accordée exceptionnellement).

d) Les *ajournés* peuvent au titre *service armé*, contracter un engagement pour la guerre. Même marche à suivre qu'en *a*.

Les militaires versés dans l'Aéronautique touchent une indemnité de fonction variant avec le grade et la fonction : pilote, élève pilote, bombardier, mécanicien breveté ou non, etc.

PROGRAMME

des connaissances techniques exigées des jeunes gens membres des écoles d'aviation ou sociétés aéronautiques, qui demandent à être incorporés dans les troupes d'aéronautique au titre de l'aviation.

A. — Examen oral.

NOTIONS GÉNÉRALES SUR L'AVIATION

Notions sommaires concernant les forces agissant sur un aéroplane en marche.

Différents moyens employés pour obtenir la stabilité longitudinale et transversale.

Organes de manœuvre.

Notions générales sur les moteurs employés en aviation.

B. — Examens pratiques.

MANIPULATION ET RÉPARATIONS DU MATÉRIEL D'AVIATION

Le candidat devra pouvoir exécuter une réparation par des moyens de fortune, à savoir :

1° Nœuds : ganse, boucle, nœud simple, nœud droit, nœud simple gansé, nœud coulant simple

avec arrêt, amarrage en tête d'alouette, amarrage avec nœud de batelier, amarrage avec demi-clefs, nœud de galère, épissures, ligatures et trans-fils;

2° Reconnaître le fer, l'acier, le laiton, le bronze, l'aluminium et autres métaux en usage;

3° Reconnaître les différentes sortes de bois : sapin, frêne, noyer, peuplier, etc.;

4° Reconnaître les différents entoilages : coton, lin, tissu caoutchouté, etc.;

5° Reconnaître les essences, les huiles, le pétrole, le vernis, la graisse, l'émaillant, le dissolvant, et spécifier leur emploi en aviation; précautions à prendre;

6° Mettre en place un hauban en corde à piano;

7° Même travail avec tendeur à vis, avec petit câble en acier (boucles épissées avec cosses en cuivre);

8° Régler un élément de voilure ou un fuselage d'aéroplane;

9° Régler les commandes des organes de direction;

10° Faire un point de rapprochement dans le cas d'une déchirure à la toile et coller ou coudre une pièce sur celle-ci;

11° Réparer un pneumatique (chambre à air et enveloppe);

12° Entretien d'un aéroplane; soins généraux à donner aux moteurs, aux parties métalliques, aux bois et aux toiles. Outillage utilisé pour l'entretien.

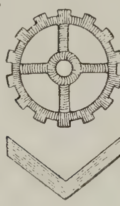
Le brevet de mécanicien spécialiste, ouvert seulement à partir du grade de caporal, porte sur :

L'aérodynamique ;

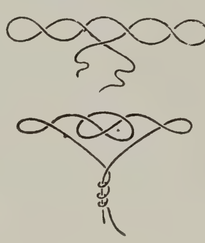
Le fonctionnement des aéroplanes (déréglages) ;

Le fonctionnement des moteurs (pannes) ;

La théorie succincte du carburateur et de la magnéto.



Mécanicien avec chevron ; sorti breveté de l'examen des spécialistes.



Spécialiste tailleur de ballon ou voilier d'aéroplanes et spécialiste cordier.

A cet examen théorique s'ajoutent des essais pratiques variant avec la spécialité (mécanicien de moteur ou mécanicien d'avion) (1).

Un ajustage ou un essai de menuiserie ;

Le réglage de quatre appareils. — Se renseigner à Saint-Cyr sur les types de 1917-18 (Voisin, Caudron, Nieuport, Farman) (2).

Ou :

Le réglage et le dépannage de quatre types de

(1) *Guide du mécanicien*, par MAURICE PERCHERON, 2 tomes in-12 : le Mécanicien de moteur ; le Mécanicien d'avion. Librairie aéronautique, 40, rue de Seine.

(2) Voir ces 4 *Monographies d'aviation*. Librairie aéronautique.



Pilote de dirigeable.



Pilote aviateur.



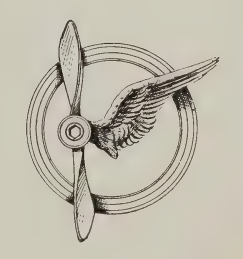
Pilote d'avion.



Pilote de dirigeable.



Elève pilote et observateur.



Bombardier ou mitrailleur

INSIGNES DES AVIATEURS

moteurs (Rhone ou Clerget, Renault, Salmson, Hispano-Suiza).

C. — Insignes des aviateurs.

Les écussons et passepoils, orangés avec chiffres noirs pour l'aviation, noirs avec chiffres orangés pour l'aérostation, distinguent seuls ces différents services.

L'insigne général que portait en brassard, au bras droit, tout le personnel et qui était, pour l'aviation, une hélice ailée, pour l'aérostation une ancre ailée, est supprimé et remplacé par un insigne en métal accroché sur le sein droit et réservé aux aviateurs qui effectueront réellement des vols, soit comme pilotes, soit comme observateurs, comme passagers ou comme mitrailleurs.

Les pilotes portent, de plus, deux étoiles ailées au col.

TABLE DES MATIÈRES

ANNEXES

4367. — Tours, imprimerie E. ARRAULT et Cie.

MAURICE GALTIER

PILOTE AVIATEUR

AIDE MÉMOIRE DE L'ÉLÈVE PILOTE

Manœuvres normales
Manœuvres anormales
Instruments à bord
Renseignements pratiques

Méthode d'instruction très originale. Sur un côté de page, définition théorique ; en regard, tableau schématique dont les indications très en relief doivent provoquer l'exécution rapide des manœuvres. Cotes de réglage des moteurs ; barèmes de vitesse, etc., etc.

MAURICE GALTIER

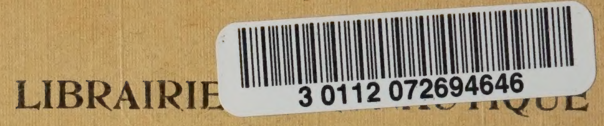
PILOTE AVIATEUR

LE PILOTAGE DES AÉROPLANES

Dans cet ouvrage de lecture facile, se trouve condensé le minimum des connaissances nécessaires à l'élève-pilote ; il permettra aux débutants de repasser à loisir les leçons de leurs instructeurs et d'acquérir, en plus, certaines notions important à leur profession, en dehors du pilotage proprement dit, telles que l'hygiène du pilote ou la météorologie. En vue de faire de ce manuel un guide commode et pratique, il a été suivi pour son établissement l'ordre des matières de l'instruction.



EXTRAIT DU CATALOGUE



LIBRAIRIE

40, rue de Seine, PARIS

Maurice PERCHERON. — **Les Aéroplanes Farman**	2 »
— **Le Biplan Voisin**	2 »
— **Les Aéroplanes Nieuport**	2 »
— **Utilisation de la Carte et de la Boussole en aviation**	1 25
— **Le Guide du Mécanicien d'Aviation**. — Tome I. *Le Moteur*	3 50
— **Le Guide du Mécanicien d'Aviation**. — Tome II. *Le Monteur d'Avions*	3 50
DEVILLERS. — **La Mécanique de l'Aviation**	4 »
DÔ (Com^t). — **Le ballon libre. Théorie et pratique**	12 »
DUCHÊNE (Cap.). — **Apprécier un aéroplane, l'améliorer s'il y a lieu**	1 50
EIFFEL. — **Recherches expérimentales sur la résistance de l'air**	6 »
ESNAULT-PELTERIE. — **Quelques renseignements pratiques sur l'aviation**	3 »
GALTIER. — **Le Pilotage des Aéroplanes**	3 »
— **L'Aide-Mémoire de l'Elève pilote**	2 »
ORAIN. — **La Construction des Aéroplanes. Résistance des Matériaux**	3 »
R. BARDIN et AURIACOMBE. — **Les Aéroplanes Caudron**	2 »
BRION. — **Instruction de l'Elève pilote. Aérodynamique**	3 »
JAMES. — **Etablissement et calcul des surfaces portantes**	3 »
Alex. DUMAS. — **Les Accidents d'aviation**	6 »
LAINÉ. — **Pour réussir les Epreuves du Brevet militaire d'aviation**	1 25
LEGRAND. — **La résistance de l'air envisagée comme base scientifique et expérimentale de l'aviation**	10 »
LELASSEUX et MARQUE. — **L'Aéroplane pour tous. 27e *mille*.**	2 »
MOUILLARD. — **Le vol sans battement**	10 »
REMY. — **Précis de Météorologie pratique à l'usage des aviateurs**	4 »
SAULNIER (R.). — **Équilibre, centrage et classification des aéroplanes**	3 »
SÉE (A.). — **Les lois expérimentales des hélices aériennes**	3 »
SENSEVER et BALLIF. — **Le Combat aérien**	3 »
SOREAU. — **L'hélice aérienne propulsive**	6 »

Tous les ouvrages sont envoyés franco sur demande accompagnée du montant.

ENVOI FRANCO DU CATALOGUE COMPLET